



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 102 22 958 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:
C 23 C 14/24
C 23 C 16/44

⑲ Aktenzeichen: 102 22 958.9
⑳ Anmeldetag: 23. 5. 2002
㉑ Offenlegungstag: 30. 10. 2003

DE 102 22 958 A 1

⑥ Innere Priorität:
202 05 830. 1 15. 04. 2002

⑦ Anmelder:
Schott Glas, 55122 Mainz, DE

⑦A Vertreter:
Blumbach, Kramer & Partner GbR, 65187
Wiesbaden

⑦B Erfinder:
Ottermann, Clemens, Dr., 65795 Hattersheim, DE;
Fritz, Oliver, Dr., 84032 Landshut, DE; Mund,
Dietrich, Dipl.-Phys., 84101 Obersüßbach, DE;
Pommerehne, Jörn, Dr., 55578 Gau-Weinheim, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤A Hermetische Verkapslung von organischen elektro-optischen Elementen

⑤B Um eine erhöhte Lebensdauer organischer elektro-optischer Elemente zu erreichen, sieht die Erfindung ein Verfahren zu deren Herstellung vor, welches die Schritte umfaßt:

- Bereitstellen eines Trägers (3),
- Aufbringen einer ersten leitfähigen Schicht (13),
- Aufbringen zumindest einer Schicht (15), welche zumindest ein organisches, elektro-optisches Material aufweist,
- Aufbringen einer zweiten leitfähigen Schicht (17), sowie den Schritt des
- Abscheidens zumindest einer Schicht (7, 71, 72, ..., 7N) mit glasartiger Struktur.

DE 102 22 958 A 1

DE 102 22 958 A 1

Beschreibung

- [0001] Die Erfindung betrifft allgemein organische elektro-optische Elemente, sowie ein Verfahren zu deren Herstellung. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung hermetisch verkapselter organischer elektrooptischer Elemente, sowie ein hermetisch verkapseltes elektro-optisches Element.
- [0002] Organische lichtemittierende Dioden (OLEDs) sind Gegenstand intensiver Entwicklungsarbeiten, da sie gegenüber anderen Leucht- und Anzeigemitteln vielseitige Vorzüge besitzen. So können OLEDs sehr dünn und sogar flexibel hergestellt werden. Gegenüber Flüssigkristallanzeigen besitzen OLEDs außerdem den Vorzug, selbst leuchtend zu sein.
- [0003] Problematisch bei OLEDs ist jedoch vor allem deren bisher sehr begrenzte Lebensdauer. Es ist kaum gelungen, die Betriebsdauer von OLEDs auf mehr als 5000 Betriebsstunden auszudehnen. Für OLEDs werden im allgemeinen Metallkathoden mit niedriger Austrittsarbeit verwendet. Gebräuchlich ist hierbei unter anderem metallisches Calcium. Solche Materialien mit niedriger Austrittsarbeit sind jedoch in der Regel sehr reaktiv. Chemische Reaktionen der Metallschicht und damit verbundene Austrittsarbeitänderungen gelten als einer der Hauptfaktoren der Lebensdauerbegrenzung.
- [0004] Insbesondere die Reaktion mit Luft, beziehungsweise mit dem in der Luft als Feuchtigkeit vorhandenen Wasser ist hier verantwortlich für die Degradation der Metallelektrode eines OLEDs.
- [0005] In US 5,882,761 wird zur Lösung des Problems ein OLED vorgeschlagen, bei welchem die OLED Strukturen mit einem gewölbten Metallblech abgedeckt sind. Zusätzlich weist das dort beschriebene OLED ein Trockenmittel- oder Getterreservior auf. Das Trockenmittelreservior und die OLED-Strukturen sind mit einem porösen Klebeband voneinander abgetrennt. Das Metallblech ist mit dem Glaträger mittels eines UV-Klebers verbunden. Nachteilig ist hier, daß organische Schichten, wie die Verklebungsstelle zwischen Metallblech und Glaträger für kleine Gasmoleküle relativ einfach penetrierbar sind. Die Verklebung stellt somit einen Transportkanal, insbesondere für Luftsauerstoff und Wasser dar. Damit ist es nur eine Frage der Zeit, bis das Trockenmittel erschöpft ist und die Degradation der Metallelektrode einsetzt. Weiter sind durch diese Art der Verkapselung wesentliche Eigenschaften der OLED-Technologie, wie die Verkapselung extrem dünner, beziehungsweise flexibler Bauteile nicht umsetzbar.
- [0006] Als Gettermaterialien sind dabei unter anderem Flüssigkeiten bekannt, wie sie in JP 7211456, US 5821692, oder US 5962962 beschrieben werden. In EP 0776147 ist ferner die Verwendung von Festkörpermateriale als Getter beschrieben. Auch Gase können, wie in WO 9903112 offenbart ist, als Gettermaterial für organische Bauelemente verwendet werden. Allen diesen aus dem Stand der Technik bekannten Lösungen ist jedoch gemeinsam, daß die Wirkung des Gettermaterials mit fortlaufendem Gasanfall absinkt, so daß ein dauerhafter Schutz vor Degradation nicht gegeben ist.
- [0007] Die Erfindung hat es sich daher zur Aufgabe gemacht, die Degradation von organischen elektro-optischen Elementen, wie beispielsweise OLEDs zu verlangsamen, beziehungsweise deren Lebensdauer zu erhöhen.
- [0008] Diese Aufgabe wird bereits in höchst überraschend einfacher Weise durch ein Verfahren zur Herstellung eines organischen elektro-optischen Elements gemäß Anspruch 1, sowie ein organisches elektro-optisches Element gemäß Anspruch 28 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den jeweiligen abhängigen Ansprüchen angegeben.
- [0009] Dementsprechend umfaßt das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines organischen, elektro-optischen Elements die Schritte:
- Bereitstellen eines Trägers,
 - Aufbringen einer ersten leitfähigen Schicht
 - Aufbringen zumindest einer Schicht (15), welche zumindest ein organisches, elektro-optisches Material aufweist,
 - Aufbringen einer zweiten leitfähigen Schicht, und den Schritt des
 - Abscheidens zumindest einer Schicht (7, 71, 72, . . . 7N) mit glasartiger Struktur.
- [0010] Schichten mit glasartiger Struktur sind bekannt für ihre außerordentlich gute Barrierewirkung. Als Schicht mit glasartiger Struktur wird in diesem Zusammenhang eine Schicht mit fehlender Fernordnung der das Material mit glasartiger Struktur konstituierenden Elemente und/oder Stoffe und gleichzeitig vorhandener Nahordnung der Stoffe und/oder Elemente verstanden. Als Schicht mit glasartiger Struktur wird also eine glasartige, amorphe Schicht bezeichnet. Derartige Schichten umfassen dementsprechend nicht nur Gläser. Vielmehr können glasartige Schichten auch beispielsweise organische Materialien, Legierungen oder amorphe Elementschichten umfassen. Gegenüber nicht glasartigen, also im wesentlichen mikrokristallinen, polykristallinen oder kristallinen Schichten zeichnen sich die mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens aufgetragenen Schichten unter anderem aufgrund der amorphen Struktur durch das Fehlen von Korngrenzen aus. Solche Korngrenzen sind aber gerade wesentlich für die höhere Permeabilitätsrate für kleine Moleküle, wie etwa Sauerstoff oder Wasser durch kristalline oder polykristalline Medien verantwortlich.
- [0011] Hingegen sind viele Gläser bekannt, die bereits bei Schichtdicken von 50 µm keine messtechnisch erfassbare Permeabilität für alle Gase mit Ausnahme von Helium zeigen. Eine Zusammenstellung von Diffusionsraten durch Gläser findet sich beispielsweise in "Handbook of Gas Diffusion in Solids and Melts". Helium selbst beeinflusst jedoch aufgrund seiner Inertheit die Schichten der OLED nicht und ist für die Lebensdauer von OLEDs daher nicht von Bedeutung.
- [0012] Der Begriff eines organischen, elektro-optischen Materials umfaßt dabei sowohl ein organisches Material, welches elektrolumineszente Eigenschaften aufweist und somit für den Aufbau einer OLED geeignet ist, als auch ein organisches Material, welches photovoltaische Eigenschaften aufweist. Im folgenden wird der Einfachheit halber der Begriff OLED aufgrund des äquivalenten Aufbaus allgemein für lichtwandelnde Elemente, also sowohl für lichtemittierende, als auch für photovoltaische Elemente verwendet.
- [0013] Als organisches, elektro-optisches Material sind eine Vielzahl, dem Fachmann bekannte Substanzen einsetzbar. Unter anderem können dazu, metall-organische Materialien, insbesondere metall-organische Komplexe wie Triplett-Emitter oder Lanthanid-Komplexe verwendet werden. Beispielsweise wird Tris-(8-hydroxyquinolino)-Aluminium (Alq3) oder auch MEH-PPV (Poly(2-methoxy, 5-(2'-ethyl-hexyloxy) paraphenylen vinylen (MEH-PPV) als elektrolumi-

neszentes Material verwendet. Die Schicht kann auch eine organische oder anorganische Matrixschicht umfassen, welche mit Emittern, wie etwa Fluoreszenzfarbstoffen als organisches, elektro-optisches Material dotiert sind. Als anorganische Matrix wurde unter anderem poröses Titandioxid verwendet.

[0014] Weitere elektrolumineszente Substanzen sind beispielsweise in US 6,107,452, EP 0 573 549, EP 800563 A1, EP 800563 B1 und EP 1006169 A1 beschrieben, welche durch Bezugnahme vollständig in die vorliegende Anmeldung mit aufgenommen werden. Obwohl dem Fachmann bekannt, sei auch auf den Aufbau der in diesen Schriften beschriebenen OLEDs hingewiesen und diese Beschreibung als Inhalt dieser Anmeldung vorausgesetzt. 5

[0015] Durch das erfindungsgemäße Abscheiden wird außerdem eine innige Verbindung der Schicht mit glasartiger Struktur zu dem darunterliegenden Material ohne entstehende Hohlräume oder für Gase penetrierbare Verbindungsstellen geschaffen, da die Schicht direkt auf der darunterliegenden Oberfläche aufwächst. Schichten mit glasartiger Struktur, also weitgehend ohne kristalline Teil- oder Unterbereiche zeichnen sich außerdem durch eine bessere Toleranz gegenüber mechanischen Belastungen verglichen mit kristallinen Materialien aus. Dies bedeutet, daß die sehr guten Barrierewirkungen solcher Materialien auch bei Verformungen innerhalb der mechanischen Belastungsgrenzen des Materials erhalten bleiben. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht somit auch die Herstellung flexibler OLEDs mit hoher Lebensdauer. 10 15

[0016] Zum Abscheiden der Schicht mit glasartiger Struktur können dabei unter anderem PVD- oder CVD-Verfahren eingesetzt werden. Auch können mehrere Abscheideverfahren miteinander kombiniert werden. PVD- oder CVD-Abscheidung ist unter anderem deshalb vorteilhaft, weil diese Verfahren im Vakuum oder in trockener Atmosphäre durchgeführt werden können.

[0017] Das Abscheiden der zumindest einen Schicht mit glasartiger Struktur erfolgt gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform durch Aufdampfen. Durch Aufdampfen können hohe Wachstumsraten der Schichten erzielt werden, was das erfindungsgemäße Verfahren in dieser Variante besonders schnell und damit wirtschaftlich für große Stückzahlen macht. 20

[0018] Für das Aufdampfen besonders geeignet ist dabei beispielsweise die Elektronenstrahlverdampfung. Dazu wird ein Elektronenstrahl auf ein Target gelenkt, wobei die Elektronen durch Stöße ihre kinetische Energie an das Target abgeben, welches sich dadurch aufheizt. Durch das Aufheizen wird schließlich das Targetmaterial verdampft. Das verdampfte Material trifft dann auf die zu beschichtende Oberfläche und scheidet sich dort als Schicht mit glasartiger Struktur ab. 25

[0019] Der Schritt des Aufdampfens einer Schicht mit glasartiger Struktur kann außerdem den Schritt des Coverdampfens aus zumindest zwei Verdampfungsquellen umfassen. Auf diese Weise kann beispielsweise die Stöchiometrie der abgeschiedenen Schicht über die Aufdampfraten der Quellen eingestellt werden. Insbesondere kann der Schritt des Coverdampfens auch den Schritt des Variierens, insbesondere des periodischen Variierens der Aufdampfrate zumindest einer der Verdampfungsquellen umfassen. Durch Variation der Aufdampfraten können die Materialeigenschaften der Schicht mit glasartiger Struktur in Richtung senkrecht zur bedampften Oberfläche beeinflusst und angepaßt werden. So kann durch Variation der Schichtstöchiometrie etwa der Temperaturspannungskoeffizient der Schicht an den der beschichteten Oberfläche angepaßt werden, so daß Temperaturspannungen zwischen dem Oberflächenmaterial und der aufgedampften Schicht vermieden oder vermindert werden. Eine periodische Variation der Aufdampfraten kann beispielsweise dazu dienen, periodische Brechungsindexvariationen in der aufgedampften Schicht senkrecht zur beschichteten Oberfläche herzustellen. 30 35

[0020] Das Abscheiden durch Aufdampfen erfordert jedoch im allgemeinen spezielle Aufdampfmateriale mit vergleichsweise hohen Dampfdrücken. Da für spezielle OLED-Anwendungen auch Materialien mit niedrigen Dampfdrücken und damit verbunden im allgemeinen hohen Schmelztemperaturen geeignet sein können, kann der Schritt des Abscheidens zumindest einer Schicht mit glasartiger Struktur mittels physikalischer und/oder chemischer Dampfphasenabscheidung auch mit Vorteil den Schritt des Aufputterns einer Schicht mit glasartiger Struktur umfassen. Dabei wird das Aufputtern von Schichten als eines der PVD-Verfahren verstanden. Das Aufputtern von Schichten kann im Gegensatz zum Aufdampfen auch mit schwer verdampfenden Materialien durchgeführt werden. 40 45

[0021] Schichten mit glasartigen Strukturen können jedoch auch noch mit anderen Verfahren, wie etwa der chemischen Dampfphasenabscheidung, beispielsweise mittels plasmainduzierter, chemischer Dampfphasenabscheidung (PCVD) vorteilhaft hergestellt werden. Geeignet ist diesbezüglich auch besonders die Plasmaimpulsinduzierte chemische Dampfphasenabscheidung (PICVD), bei welcher das Plasma nicht zeitlich konstant, sondern gepulst erzeugt wird, was unter anderem eine geringere Wärmebelastung des zu beschichtenden Elements mit sich bringt. 50

[0022] Das Abscheiden der Schicht mit glasartiger Struktur kann außerdem in vorteilhafter Ausgestaltung des Verfahrens auch den Schritt des Coabscheidens eines organischen Materials umfassen. Das Coabscheiden, beziehungsweise die gleichzeitige Abscheidung des organischen Materials zusammen mit dem Schichtmaterial, welches eine Schicht mit glasartiger Struktur bildet, kann beispielsweise durch Coverdampfung oder Abscheiden aus der Restgasatmosphäre geschehen. Die Moleküle des organischen Materials werden dabei in die Schicht mit glasartiger Struktur mit eingebaut. Das organische Material kann die Schichteigenschaften in vielfältiger Weise positiv beeinflussen. Beispielhaft sei dazu eine höhere Flexibilität der Schicht gegen mechanische Beanspruchung, die Anpassung optischer und mechanischer Eigenschaften, die Verbesserung der Schichthaftung indem etwa die Schicht als Gradientenschicht mit Veränderung des organischen Anteils abgeschieden wird, die Änderung der Packungsdichte und des Schichtgefüges, sowie der Beeinflussung der chemischen Eigenschaften der Schicht, insbesondere durch Zusatz von hydrophoben Materialien oder Gettermaterialien genannt. 55 60

[0023] Vorteilhaft werden die Schichten so aufgebracht, daß eine der leitfähigen Schichten eine niedrigere Austrittsarbeit als die andere leitfähige Schicht aufweist. Aufgrund der Austrittsarbeitdifferenz der als Elektroden dienenden ersten und zweiten leitfähigen Schichten, zwischen denen sich die Schicht befindet, die ein organisches, elektro-optisches Material aufweist, werden Elektronen bei richtiger Polung der an die Elektroden angelegten Spannung an der als Kathode wirkenden Schicht in unbesetzte elektronische Zustände des organischen, elektro-optischen Materials injiziert. Gleichzeitig werden von der als Anode wirkenden Schicht mit niedrigerer Austrittsarbeit Defektelektronen oder Löcher 65

injiziert, wodurch im organischen Material durch Rekombination der Elektronen mit den Defektelektronen Lichtquanten emittiert werden.

[0024] Für die Herstellung von OLEDs werden vielfach zusätzliche funktionelle Schichten verwendet, die insbesondere zwischen der ersten und zweiten leitfähigen Schicht aufgebracht werden. Dementsprechend kann das Verfahren vorteilhaft auch den Schritt des Aufbringens zumindest einer Lochinjektionsschicht und/oder einer Potentialanpassungsschicht und/oder einer Elektronenblockerschicht und/oder einer Lochblockerschicht und/oder einer Elektronleiterschicht und/oder einer Lochleiterschicht und/oder einer Elektroneninjectionsschicht umfassen. Besonders hohe Quanten- beziehungsweise Lichtausbeuten werden dabei durch ein Aufbringen der Schichten in der bevorzugten Reihenfolge Potentialanpassungsschicht/Lochinjektionsschicht/Elektronenblockerschicht/Schicht, welche zumindest ein elektro-optisches Material aufweist/Lochblockerschicht/Elektronleiterschicht/Elektroneninjectionsschicht/Potentialanpassungsschicht erreicht.

[0025] Die Abfolge der funktionellen Schichten des organischen, elektro-optischen Elements wird im folgenden der Einfachheit halber als OLED-Schichtstruktur bezeichnet. Diese umfaßt insbesondere die erste und zweite leitende Schicht und die Schicht, welche ein organisches, elektro-optisches Material aufweist. Zusätzlich kann die OLED-Schichtstruktur auch noch beispielsweise die oben genannten weiteren funktionellen Schichten umfassen.

[0026] Um den Lichtaustritt oder Lichteintritt zu ermöglichen, ist es vorteilhaft, wenn eine der leitenden Schichten zumindest teilweise transparent ist. Als geeignet ist hierfür unter anderem Indium-Zinn-Oxid oder Fluor-dotiertes Zinnoxid ($\text{SnO}_2\text{:F}$).

[0027] Ein weiterer Vorteil des Verfahrens ist, daß die Reihenfolge der aufgetragenen Schichten nicht zwingend ist. Im allgemeinen werden OLEDs hergestellt, indem auf ein transparentes Substrat, beziehungsweise einen transparenten Träger eine transparente leitfähige Schicht aufgebracht wird, auf welcher dann die Schicht, die ein organisches, elektrooptisches Material aufweist, abgeschieden wird. Diese Struktur wird dann von einer leitenden Schicht, die beispielsweise eine niedrigere Austrittsarbeit verglichen mit der transparenten leitfähigen Schicht aufweisen kann, als weiterer Elektrode abgedeckt. Das emittierte Licht kann in diesem Fall über den transparenten Träger aus- oder eingekoppelt werden.

[0028] Nach einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens erfolgt der Schritt des Abscheidens der zumindest einen Schicht mit glasartiger Struktur nach dem Aufbringen der zumindest einen Schicht, die zumindest ein organisches, elektro-optisches Material aufweist und der ersten und zweiten leitfähigen Schicht. Werden diese Schichten von derselben Seite des Trägers her aufgebracht, beziehungsweise abgeschieden, so befindet sich die Schicht, die zumindest ein organisches, elektro-optisches Material aufweist, zwischen dem Träger und der Schicht mit glasartiger Struktur. Auf diese Weise wird die OLED-Schichtstruktur zwischen Träger und Schicht mit glasartiger Struktur eingekapselt.

[0029] Da die erfindungsgemäß aufgetragenen Schichten mit glasartiger Struktur beispielsweise auch selbst transparent sein können, ist es aber auch möglich, die Schichtenreihenfolge so anzuordnen, daß die transparente leitfähige Schicht nach der Schicht mit dem organischen, elektro-optischen Material auf den Träger aufgebracht wird. Auf diese Weise kann ein OLED auch beispielsweise mit nicht transparentem Träger hergestellt werden, wobei das Licht in diesem Fall durch die Schicht mit glasartiger Struktur und die transparente leitfähige Schicht tritt.

[0030] Vorteilhaft können eine oder beide der leitfähigen Schichten, sowie auch die Schicht, welche ein organisches, elektrooptisches Material aufweist, strukturiert aufgebracht, beziehungsweise abgeschieden werden. Insbesondere können diese Schichten auch lateral, also entlang der Oberfläche strukturiert hergestellt werden. Durch eine derartige Strukturierung können eine Vielzahl von Eigenschaften solcher Elemente beeinflusst werden. Beispielsweise können in einer leitfähigen Schicht Lichtdurchtrittsöffnungen geschaffen werden. Weiterhin ist auch eine Schichtanordnung möglich, bei welcher die Schichten nicht zwangsläufig übereinander aufgebracht werden brauchen. Es ist vielmehr möglich, daß beispielsweise strukturierte Schichten auch ineinandergreifen können. Beispielsweise können die erste und/oder die zweite leitfähige Schicht auch kammartig strukturiert aufgebracht werden. Die Schicht, welche zumindest ein organisches, elektro-optisches Material aufweist, kann sich dann zum Beispiel ganz oder teilweise zwischen den Kammstrukturen befinden. Eine Strukturierung ist außerdem für pixelierte Strukturen, die durch eigene Schaltelemente betrieben werden, beziehungsweise für die Herstellung eines organischen elektro-optischen Elements als Aktiv-Matrix Display sinnvoll.

[0031] Besonders geeignet für eine hermetische Kapselung von OLEDs sind Schichten mit glasartiger Struktur, die ein zumindest binäres Stoffsystem umfassen. Derartige Schichten zeichnen sich im allgemeinen durch besonders niedrige Permeabilitätsraten aus, da sie, anders als beispielsweise Quarzgläser kaum Neigung zur Bildung kristalliner Bereiche zeigen und auch dichtere Strukturen aufweisen. Solche zumindest binären Stoffsysteme können sich beispielsweise aus mindestens zwei Metalloxiden oder Siliziumdioxid und einem oder mehreren Metalloxiden zusammensetzen.

[0032] Weiterhin kann das Verfahren auch so ausgestaltet sein, daß der Schritt des Abscheidens der zumindest einen Schicht mit glasartiger Struktur vor dem Aufbringen einer der leitfähigen Schichten erfolgt. Damit befindet sich die Schicht mit glasartiger Struktur zwischen Träger und der OLED-Schichtstruktur. Eine solche Variante des Verfahrens schafft eine OLED, bei der ebenfalls die Diffusion durch das Substrat, beziehungsweise den Träger hindurch in die OLED-Schichtstruktur hinein unterdrückt wird. Dadurch kann auch eine hermetische Kapselung auf der Trägerseite des OLEDs erreicht werden. Dies ist beispielsweise für flexible OLEDs von Vorteil, wenn der Träger ein flexibles Kunststoffmaterial mit typischerweise hoher Permeabilität für kleine Gasmoleküle umfaßt. Die glasartige Schicht kann dabei auch die Funktion einer Aus- oder Einkoppelschicht für das von der OLED emittierte Licht erfüllen, um die Ausbeute der OLED durch Brechungsindex-Anpassung zu erhöhen.

[0033] Die zumindest eine Schicht mit glasartiger Struktur kann außerdem auf der Seite des Trägers aufgebracht werden, welche der Seite, auf welcher die Schicht aufgebracht wird, die ein organisches, elektro-optisches Material aufweist, gegenüberliegt. Somit wird die Schicht auf der Seite des Trägers aufgebracht, auf welcher bei normalem Schichtaufbau der OLED das Licht in die Umgebung ausgekoppelt wird. Auch hier kann eine Brechungsindex-Anpassung mittels der Schicht mit glasartiger Struktur die Auskoppelleffizienz erhöhen, da insbesondere an der Grenzfläche Material/Luft sonst ein großer Brechungsindex-Sprung mit entsprechend starken Rückreflexionen auftritt. Zusätzlich kann auch eine solche Schicht eine Diffusionsbarriere zur Verlängerung der Lebensdauer der OLED schaffen.

[0034] Von großem Vorteil für die Eigenschaften von OLEDs ist auch eine Weiterbildung des erfindungsgemäßen Ver-

fahrens zu deren Herstellung, bei welchem der Schritt des Aufbringens einer Schicht mit glasartiger Struktur mittels physikalischer und/oder chemischer Dampfphasenabscheidung den Schritt des Aufbringens einer mehrlagigen Schicht umfaßt. Die mehreren Lagen einer derartigen Schicht können beispielsweise unterschiedliche chemische Zusammensetzungen besitzen, so daß sich etwa Barrierewirkungen einzelner Schichten auf bestimmte für die Lebensdauer schädliche Gase zuschneiden lassen. Auch die mechanischen Eigenschaften, wie etwa die Flexibilität, Schichthaftung oder intrinsische Schichtspannung können beispielsweise durch Einbringen flexibler Zwischenschichten erhöht werden. Nicht alle Lagen der mehrlagigen Schicht müssen dabei eine glasartige Struktur aufweisen. Vielmehr können Lagen mit glasartigem Schichtmaterial mit anderen Lagen unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung, wie etwa Metallschichten oder organischen Schichten, wie insbesondere Polymerschichten kombiniert werden, um die chemischen und physikalischen Schichteigenschaften den Erfordernissen anzupassen. Dementsprechend umfaßt in dieser Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens der Schritt des Aufbringens einer mehrlagigen Schicht den Schritt des Aufbringens einer mehrlagigen Schicht mit unterschiedlichen chemischen Zusammensetzungen und/oder unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften zumindest zweier der Lagen. Dabei können auch verschiedene Herstellungsverfahren für die Lagen, etwa mittels Aufkleben, Tauchbeschichten oder Spin-Coaten miteinander und mit dem Abscheiden zumindest einer Schicht mit glasartiger Struktur kombiniert werden.

[0035] Insbesondere können die mehreren Lagen auch so aufgebracht werden, daß zumindest zwei der Lagen unterschiedliche Brechungsindizes aufweisen. Dies kann durch Aufbringen verschiedener Schichtmaterialien erreicht werden. Es ist aber auch möglich, den Brechungsindex durch die Wahl der Prozeßparameter beim Aufbringen, wie etwa der Aufdampfrate zu beeinflussen. Eine solche mehrlagige Schicht mit variierendem Brechungsindex ist besonders für eine Brechungsindex-Anpassung geeignet.

[0036] Bei vielen Abscheideverfahren für Schichten mit glasartiger Struktur entsteht eine gewisse Wärmebelastung der OLED-Schichtstruktur, welche negative Einflüsse auf die Schichten haben kann. Insbesondere kann sich die Wärmebelastung bei CVD- oder PVD-Beschichtungen auf die Schichtzusammensetzung auswirken. Um nachteilige Auswirkungen der Wärmebelastung zu vermindern, kann zusätzlich mindestens eine Vorverkapselungsschicht aufgebracht werden. Eine solche Vorverkapselungsschicht kann beispielsweise den Wärmetransport erniedrigen und so eine Aufheizung der OLED-Schichten verhindern.

[0037] Außerdem kann eine geeignete Vorverkapselungsschicht beispielsweise verhindern, daß die Schicht mit glasartiger Struktur beim Aufbringen mittels PVD- oder CVD-Beschichtung eine andere Schicht durchsetzt oder chemisch verändert. Dies kann beispielsweise bei der zweiten leitenden Schicht der Fall sein, wenn diese aus sehr weichen oder reaktiven Metallen, wie etwa Calcium hergestellt ist.

[0038] Das Verfahren kann außerdem vorteilhaft den Schritt des Aufbringens einer Abdeckung umfassen. Um die im allgemeinen sehr dünne Schicht mit glasartiger Struktur oder die anderen Schichten der OLED vor Beschädigungen zu schützen, kann dazu die Abdeckung auf die Schicht mit glasartiger Struktur aufgebracht werden.

[0039] Außerdem kann aber auch eine Schicht mit glasartiger Struktur so aufgebracht werden, daß die Kontaktfläche zwischen der Abdeckung und dem Träger durch die Schicht mit glasartiger Struktur versiegelt und hermetisch abgeschlossen wird. Dazu umfaßt der Schritt des Abscheidens zumindest einer Schicht mit glasartiger Struktur den Schritt des Abdeckens der Umrandung der Auflagefläche der Abdeckung mit zumindest einer Schicht mit glasartiger Struktur. Dies kann nicht nur die Aufgabe eines hermetischen Abschlusses lösen, sondern das Aufdampfglas kann auch zur Befestigung der Abdeckung, ähnlich wie bei einem Glaslot genutzt werden. Der Begriff der Auflagefläche ist nicht im strengen Sinne als die Fläche zu verstehen, auf der Berührungspunkte weiterer Komponenten mit der Abdeckung entstehen. Da beispielsweise die OLED-Schichtstruktur im allgemeinen leicht erhaben ist, kann in benachbarten Bereichen neben der OLED-Schichtstruktur ein kleiner Abstand zwischen Abdeckung und der jeweiligen Unterlage, etwa dem Träger entstehen. Auch diese Bereiche sind jedoch ebenfalls als Auflagefläche zu verstehen. Die Auflagefläche kann somit als Projektionsfläche der Seite der Abdeckung auf die Unterlage verstanden werden, welche der Unterlage zugewandt ist.

[0040] Mit Vorteil kann weiterhin das erfindungsgemäße Verfahren dahingehend verbessert werden, indem es zusätzlich den Schritt des Aufbringens zumindest einer Haftvermittlungsschicht, insbesondere einer Haftvermittlungsschicht, auf welche die zumindest eine Schicht mit glasartiger Struktur aufgebracht wird, umfaßt. Eine solche Schicht kann insbesondere die Haftungseigenschaften der Schicht mit glasartiger Struktur auf Kunststoffoberflächen verbessern, was sich vorteilhaft auf die mechanische Stabilität des Schichtgefüges bei thermischer oder mechanischer Belastung, wie etwa einer Biegebelastung auswirkt. Auf diese Weise wird schneller eine geschlossene Schicht erzeugt und es lassen sich glattere Schichten mit niedrigerer Porosität erreichen.

[0041] Die Erfindung sieht auch vor, ein organisches phoolektrisches Element bereitzustellen, das insbesondere mit dem oben beschriebenen Verfahren hergestellt ist. Ein erfindungsgemäßes Element umfaßt demgemäß:

- einen Träger,
- eine erste leitfähige Schicht,
- zumindest eine Schicht, welche zumindest ein organisches, elektro-optisches Material aufweist und
- eine zweite leitfähige Schicht, sowie
- eine abgeschiedene Schicht mit glasartiger Struktur

[0042] Wie bereits oben bezüglich des Herstellungsverfahrens für OLEDs beschrieben wurde, ist eine Schicht mit glasartiger Struktur besonders gut als Diffusionsbarriere für kleine Moleküle geeignet und stellt so einen wirksamen Schutz gegen die Degradation des Elements bereit. Dadurch, daß die Schicht auf einer Oberfläche des Elements abgeschieden ist, besteht zwischen der Schicht und der Oberfläche eine Verbindung ohne Zwischen- oder Übergangsschichten, was besonders für eine hermetische Versiegelung günstig ist. Bevorzugt ist die Schicht dabei mittels CVD- und/oder PVD-Beschichtung, etwa durch Sputtern, Aufdampfen, PCVD oder PICVD auf der Oberfläche abgeschieden.

[0043] Bevorzugt weist eine der leitfähigen Schichten eine niedrigere Austrittsarbeit als die andere leitfähige Schicht auf, um eine Austrittsarbeitendifferenz zwischen den Schichten zu schaffen. Im Falle eines lichtemittierenden Elements

werden bei Anlegen einer Spannung an die leitfähigen Schichten Elektronen ausgehend von der Schicht mit niedrigerer Austrittsarbeit in unbesetzte Energiezustände injiziert. Durch Rekombination mit Defektelektronen, die von der Schicht mit höherer Austrittsarbeit injiziert werden, werden dann Lichtquanten abgegeben.

5 [0044] Um die Quanteneffizienz eines erfindungsgemäßen OLEDs zu erhöhen, kann das OLED zusätzlich weitere funktionelle Schichten aufweisen. Vorteilhaft sind dabei beispielsweise zumindest eine Lochinjektionsschicht und/oder zumindest eine Potentialanpassungsschicht und/oder zumindest eine Elektronenblockerschicht und/oder zumindest eine Lochblockerschicht und/oder zumindest eine Elektronenleiterschicht und/oder Lochleiterschicht und/oder zumindest eine Elektroneninjectionsschicht.

10 [0045] Um den Austritt der emittierten Lichtquanten zu ermöglichen, ist es von Vorteil, wenn eine der leitfähigen Schichten zumindest teilweise transparent für das von der ein organisches, elektro-optisches Material aufweisenden Schicht emittierte Licht ist. Diese geforderten Eigenschaften können dabei unter anderem erfüllt werden, wenn die erste leitfähige Schicht Indium-Zinn-Oxid oder Fluor-dotiertes Zinnoxid aufweist.

15 [0046] Die zumindest eine Schicht mit glasartiger Struktur kann sich außerdem nicht nur auf der Seite des Trägers befinden, auf welcher sich die Schicht befindet, die das organische elektro-optische Material aufweist. Vielmehr kann die Schicht mit glasartiger Struktur auch auf der Seite des Trägers angeordnet sein, welche dieser Seite gegenüberliegt. Auf diese Weise kann zum einen die Diffusion von Gasmolekülen durch den Träger eingeschränkt werden, zum anderen können auch beispielsweise die optischen Eigenschaften des OLEDs günstig beeinflusst werden, indem etwa die Schicht mit glasartiger Struktur eine Brechungsindexanpassung schafft.

20 [0047] Die zumindest eine Schicht mit glasartiger Struktur kann weiterhin entlang der Richtung senkrecht zur beschichteten Oberfläche eine variierende Zusammensetzung und/oder einen variierenden Brechungsindex aufweisen. Durch Variation der Zusammensetzung senkrecht zur Oberfläche kann die Schicht in dieser Richtung entsprechende variierende Materialeigenschaften, wie etwa einen variierenden Temperatúrausdehnungskoeffizienten oder Brechungsindex aufweisen. Der Brechungsindex kann jedoch auch anders, etwa durch die Morphologie der Schicht beeinflusst werden. Insbesondere kann die Zusammensetzung und/oder der Brechungsindex auch periodisch variieren. Eine Schicht mit
25 glasartiger Struktur und periodisch variierendem Brechungsindex ist besonders gut geeignet, Licht in das Element aus- oder einzukoppeln.

[0048] Die zumindest eine Schicht mit glasartiger Struktur kann auch besonders vorteilhaft zwischen dem Träger und erster oder zweiter leitfähiger Schicht angeordnet sein. Mit dieser Anordnung wird ebenfalls die Diffusion von Gasmolekülen durch den Träger hindurch unterdrückt. Außerdem kann auf diese Weise eine Brechungsindexanpassung zwischen der OLED-Schichtstruktur und dem Träger hergestellt werden.

30 [0049] Das organische, elektro-optische Element kann auch eine mehrlagige Schicht aufweisen, welche zumindest eine Schicht mit glasartiger Struktur umfaßt. Dies kann sowohl für die optischen Eigenschaften, beziehungsweise insbesondere für die Aus- oder Einkopplung von Licht, als auch für die mechanischen Eigenschaften, wie die Biegetoleranz vorteilhaft sein.

35 [0050] Ein besonders günstiges Aus- und Einkopplungsvermögen für Licht kann insbesondere erreicht werden, wenn die Lagen der mehrlagigen Schicht unterschiedliche Brechungsindizes aufweisen.

[0051] Außerdem kann das OLED auch noch mindestens eine Vorverkapselungsschicht aufweisen, welche als Wärmedämmschicht dienen kann und die Wärmebelastung des OLED während der Beschichtung mit der Schicht oder den Schichten mit glasartiger Struktur erniedrigt. Eine Vorverkapselungsbeschichtung kann außerdem dazu dienen, um für
40 die Schicht mit glasartiger Struktur eine stabile Unterlage zu schaffen.

[0052] Zum Schutz der Schicht mit glasartiger Struktur oder der anderen Schichten insbesondere vor mechanischen Beschädigungen kann die OLED vorteilhaft außerdem eine Abdeckung aufweisen.

[0053] Die OLED kann zusätzlich mit Vorteil zumindest eine Haftvermittlungsschicht aufweisen, die bevorzugt an die zumindest eine Schicht mit glasartiger Struktur angrenzt. Durch eine solche Haftvermittlungsschicht wird eine verbesserte Haftung der Schicht mit glasartiger Struktur erreicht. Dadurch sind beim Abscheiden höhere Wachstumsraten und vergleichsweise glattere Schichten erreichbar. Außerdem kann eine solche Haftvermittlungsschicht dazu dienen, intrinsische Schichtspannungen abzubauen.

[0054] Ein erfindungsgemäßes elektro-optisches Element kann außerdem vorteilhaft strukturierte Schichten aufweisen. Beispielsweise können die erste und/oder die zweite leitfähige und/oder die zumindest eine Schicht, welche zumindest ein organisches, elektro-optisches Material aufweist, strukturiert sein, um zusätzliche Funktionalität in einer oder
50 mehrerer dieser Schichten zu integrieren. Insbesondere können die erste und/oder zweite leitfähige Schicht kammartig strukturiert sein. Die Fingerelektroden der kammartig strukturierten Schichten können beispielsweise ineinandergreifen, so daß eine Spannung zwischen auf einer Ebene befindlichen leitfähigen Schichten angelegt oder abgegriffen werden kann.

55 [0055] Ebenso sind jedoch auch andere Strukturierungen der Schichten sinnvoll. Beispielsweise können die leitfähigen Schichten in verschiedenen Ebenen auf dem Substrat angeordnet einander überkreuzende Linien, beziehungsweise Leiterbahnen aufweisen, die eine Pixelansteuerung einzelgeschalteter Pixelstrukturen, insbesondere für Displayanwendungen erlauben. Dabei wird die sich zwischen den leitfähigen Schichten befindliche Schicht, die zumindest ein elektro-optisches Material aufweist, in der Umgebung eines Kreuzungspunkts zweier angesteuerter Leiterbahnen der leitfähigen
60 Schichten lokal zur Elektrolumineszenz angeregt. Eine entsprechende photovoltaische Anordnung kann umgekehrt zur lokalen Signalabtastung für sensorische Anwendungen, wie etwa eine Bildaufnahme verwendet werden.

[0056] Es liegt außerdem im Rahmen der Erfindung, eine Vorrichtung zur Durchführung des oben beschriebenen Herstellungsverfahrens und/oder eines erfindungsgemäßen photoelektrischen Elements anzugeben. Eine solche Vorrichtung weist neben den Einrichtungen zur Herstellung der OLED-Schichtstruktur zusätzlich eine Beschichtungseinrichtung
65 zum Abscheiden zumindest einer Schicht mit glasartiger Struktur auf.

[0057] Die Erfindung wird nachfolgend genauer anhand bevorzugter Ausführungsformen und unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen genauer beschrieben. Dabei bezeichnen gleiche Bezugszeichen in den Zeichnungen gleiche oder ähnliche Teile.

ist aber auch ein Aufbau mit inverser Schichtabfolge realisierbar. Diese Variante ist in Fig. 2 dargestellt. Bei der in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform lautet die Schichtabfolge dementsprechend: Träger/zweite leitfähige Schicht/organische,

lichtemittierende Schicht/erste leitfähige Schicht. Bei dieser Ausführungsform kann der Träger 3 auch ein undurchsichtiges Material umfassen. Das von der organischen, lichtemittierenden Schicht 15 emittierte Licht tritt dann nach dem Passieren der ersten leitfähigen Schicht 13 durch die Schicht 7 mit glasartiger Struktur an der Außenseite 19 aus.

[0079] In Fig. 3 ist schematisch eine Ausführungsform mit einer Vorverkapselungsschicht 21 dargestellt. Diese Vorverkapselungsschicht dient unter anderem dazu, für die Schicht 7 mit glasartiger Struktur eine stabile Unterlage zu schaffen. Die zweite leitfähige Schicht 17 umfaßt bevorzugt das sehr weiche Metall Calcium. Die Vorverkapselungsschicht 21 verhindert, daß diese Schicht von Molekülen der Schicht 7 durchdrungen wird. Außerdem stellt die Schicht 21 auch eine Wärmedämmschicht dar, die durch ihre geringe Wärmeleitfähigkeit verhindert, daß große Wärmeleistungen während des Aufbringens der Schicht 7 mit glasartiger Struktur auf die OLED-Schichtstruktur übertragen werden.

[0080] In den Fig. 4A bis 4D sind Ausführungsformen des organischen, elektro-optischen Elements 1 mit zusätzlicher Abdeckung 23 dargestellt. Die Abdeckung 23 dient zum Schutz insbesondere vor mechanischen Beschädigungen. Da die Schichten 13 bis 17 des Elements 1 relativ weich sein können, ist die Schicht 7 im Bereich der OLED-Schichtstruktur 5 mit einer nicht sehr stabilen Unterlage verbunden, so daß die Schicht 7 gegenüber mechanischen Einwirkungen empfindlich sein kann. Die Abdeckung 23 kann vorteilhaft mit der OLED verklebt sein. Bei der in Fig. 4A gezeigten Ausführungsform ist die Abdeckung 23 über eine Kunstharz- oder Kunststoffschicht 25 mit den weiteren Komponenten des Elements verbunden. Die Kunstharz- oder Kunststoffschicht 25 ist geeignet, Unebenheiten auf der Oberfläche, etwa durch die hervorragende OLED-Schichtstruktur auszugleichen.

[0081] Bei der in Fig. 4B gezeigten Ausführungsform wurde die Schicht 7 mit glasartiger Struktur so abgeschieden, daß die Umrandung der Auflagefläche der Abdeckung mit abgedeckt wird. Dazu wurde die Abdeckung 23 vor der Schicht 7 mit glasartiger Struktur auf dem beschichteten Träger aufgebracht. Die Schicht 7 mit glasartiger Struktur wurde anschließend auf der Abdeckung und über deren Rand hinweg, welcher die Umrandungskurve der Auflagefläche definiert, abgeschieden, so daß der Rand der Abdeckung 23 durch die Schicht 7 versiegelt ist. Auf diese Weise wird verhindert, daß Gase zwischen Abdeckung und Träger eindringen und die OLED-Schichtstruktur 5 erreichen können.

[0082] Bei der in Fig. 4C gezeigten Ausführungsform wurde auf eine Verklebung der Abdeckung mit der Unterlage verzichtet. Hier dient die Schicht 7 mit glasartiger Struktur selbst zur Befestigung der Abdeckung 23. Neben einer Versiegelung der Ränder der Abdeckung wird durch das Abscheiden der Schicht mit glasartiger Struktur demnach auch eine Verbindung der Abdeckung, ähnlich, wie mit einem Glaslot erreicht, ohne jedoch die OLED-Schichtstruktur einer besonderen Wärmebelastung aussetzen zu müssen. Die Schicht 7 ist beispielhaft nicht als durchgehende Schicht ausgeführt, sondern nur auf den Rändern der Abdeckung, beziehungsweise der Umrandungskurve der Auflagefläche der Abdeckung abgeschieden. Selbstverständlich kann die Schicht 7 auch ähnlich wie in Fig. 4B gezeigt, die gesamte Fläche der beschichteten Seite des Elements bedeckend abgeschieden werden.

[0083] Fig. 4D zeigt eine weitere Ausführungsform eines mit einer Abdeckung 23 versehenen Elements 1, bei welchem die Umrandungskurve der Auflagefläche der Abdeckung mit einer Schicht 7 mit glasartiger Struktur abgedeckt ist. Auch hier wird, wie bei der anhand von Fig. 4C gezeigten Ausführungsform, neben einer Versiegelung auch eine Befestigung der Abdeckung mittels der Schicht 7 erreicht. Im Unterschied ist aber die Schicht 7 seitlich auf das Element aufgedampft, so daß die Ränder des Elements 1 versiegelt werden.

[0084] Bei der anhand von Fig. 4E gezeigten Ausführungsform wurde eine Versiegelung, beziehungsweise ein hermetischer Abschluß der OLED-Schichtstruktur und eine Befestigung einer Abdeckung 23 durch Abscheiden von der Seite her, welche der Abdeckung gegenüberliegt, erreicht. Auch hier ist, den Ausführungsformen der Fig. 4B, 4C und 4D gemeinsam, die Umrandungskurve der Auflagefläche der Abdeckung 23 durch die Schicht 7 mit glasartiger Struktur abgedeckt.

[0085] In Fig. 5 ist eine Ausführungsform dargestellt, bei welcher die Schicht mit glasartiger Struktur vor dem Aufbringen der ersten und zweiten leitfähigen Schicht und der organischen, lichtemittierenden Schicht auf den Träger 3 aufgebracht ist. Damit befindet sich die Schicht mit glasartiger Struktur zwischen Träger und der OLED-Schichtstruktur. Auf diese Weise ist die Diffusion durch das Substrat, beziehungsweise den Träger hindurch in die OLED-Schichtstruktur hinein unterdrückt. Durch die mit dieser Anordnung der Schicht 7 zwischen OLED-Schichtstruktur 5 und Träger 3 erreichten Verkapselung der OLED von der Seite des Trägers 3 her wird es außerdem möglich, daß für den Träger 3 ein für Gasmoleküle penetrierbares Material verwendet werden kann. Beispielsweise kann auf diese Weise auch ein Kunststoffträger verwendet werden, durch den aufgrund der schlechten Barrierewirkung von Kunststoffen ansonsten Gasmoleküle in die OLED-Schichtstruktur migrieren würden. Die Verwendung von Kunststoffträgern ist dabei insbesondere für die Herstellung flexibler OLEDs geeignet.

[0086] Die OLED kann außerdem eine Haftvermittlungsschicht 10 für die Verbindung der Schicht 7 mit glasartiger Struktur mit einem Kunststoffträger aufweisen. Die Haftvermittlungsschicht 10 grenzt dabei an die Schicht 7 mit glasartiger Struktur an und befindet sich zwischen Träger 3 und Schicht 7. Die Haftvermittlungsschicht 10 schafft eine feste und dauerhafte Verbindung der Schicht 7 mit glasartiger Struktur mit dem Träger 3, so daß eine Abtrennung der Schicht 7 vom flexiblen Träger 3 insbesondere beim Verbiegen der OLED verhindert wird. Selbstverständlich können auch die oben beschriebenen, sowie die nachfolgend beschriebenen Ausführungsformen solche Haftvermittlungsschichten aufweisen.

[0087] Zusätzlich kann eine in Fig. 5 nicht gezeigte weitere Verkapselung die OLED-Schichtstruktur 5 hermetisch abschließen, wobei diese Verkapselung bevorzugt ebenfalls durch Aufbringen einer Schicht mit glasartiger Struktur mittels CVD- und/oder PVD-Beschichtung erfolgt. Die zwischen der OLED-Schichtstruktur 5 und dem Träger 3 aufgebrachte Schicht mit glasartiger Struktur kann neben ihrer Funktion als Diffusionssperre auch zusätzlich als Brechungsindex-Anpassung zwischen OLED-Schichtstruktur 5 und Träger 3 dienen, um die Auskopplung des von der organischen Schicht 15 emittierten Lichts zu verbessern.

[0088] Bei OLEDs mit flexiblen Trägern 3, die wie in Fig. 5 gezeigt aufgebaut sind, sollte die Schicht 7 möglichst entlang der neutralen Faser des Aufbaus laufen, so daß sich in dieser Schicht beim Verbiegen der OLED keine Risse bilden können, welche die Degradation wieder erhöhen könnten. In Fig. 6 ist eine Ausführungsform gezeigt, bei welcher eine mehrlagige Schicht 27 aufgebracht wurde, um die Flexibilität des Aufbaus zu erhöhen. Dabei ist die mehrlagige Schicht

DE 102 22 958 A 1

27 auf der Seite 9 des Trägers zwischen Träger 3 und OLED-Schichtstruktur 5 aufgebracht. Die mehrlagige Schicht 27 umfaßt in dieser Ausführungsform N Schichten mit glasartiger Struktur 71, 72, . . . , 7N.

[0089] Abwechselnd zu diesen Schichten 71, 72, . . . , 7N sind N flexible Schichten 81, 82, . . . , 8N aufgebracht. Die flexiblen Schichten 81, 82, . . . , 8N können beispielsweise Polymerschichten umfassen. Wird die OLED verbogen, so treten zwischen den einzelnen Schichten Scherkräfte auf. Die Scherkräfte werden dabei aufgrund der Flexibilität der Schichten 81 bis 8N werden durch Verformung dieser Schichten abgebaut. Das gleiche Prinzip kann selbstverständlich auch auf der dieser Seite gegenüberliegenden Seite der OLED-Schichtstruktur zur vollständigen und gleichzeitig flexiblen Kapselung der OLED-Schichtstruktur 5 angewandt werden.

[0090] In den Fig. 5 und 6 ist jeweils der Übersichtlichkeit halber die Kapselung der OLED-Schichtstruktur auf der dem Träger gegenüberliegenden Seite nicht dargestellt.

[0091] Fig. 7 zeigt ähnlich zu der in Fig. 6 dargestellten Ausführungsform eine erfindungsgemäße OLED mit mehrlagiger Schicht 27, die Schichten 71, 72, . . . , 7N mit glasartiger Struktur, sowie weitere Schichten 81, 82, . . . , 8N umfaßt. Im Gegensatz zu der in Fig. 6 gezeigten Ausführungsform sind hier jedoch die Schichten auf der Seite 11 des Trägers 3 aufgebracht, welche der Seite 9, auf welcher die OLED-Schichtstruktur 5 aufgebracht ist, gegenüberliegt. Zusätzlich dargestellt ist eine Verkapselung der OLED-Schichtstruktur 5 ähnlich der anhand der Fig. 1 bis 4 dargestellten Ausführungsformen durch eine Schicht 7 mit glasartiger Struktur.

[0092] Die mehrlagige Schicht 27 dient hier neben der durch die Schichten 71 bis 7N erzielte Barrierewirkung zur Brechungsindex-Anpassung, um die Auskopplung des von der organischen Schicht 15 emittierten Lichts an der Grenzfläche der OLED zur Umgebung zu verbessern. Die einzelnen Schichten 71 bis 7N und 81 bis 8N der mehrlagigen Schicht 27 weisen dazu unterschiedliche Brechungsindizes auf. Insbesondere ist die Schicht 27 so aufgebaut, daß die Schichten 71 bis 7N mit glasartiger Struktur gleiche Brechungsindizes und die Schichten 81 bis 8N ebenfalls gleiche Brechungsindizes aufweisen. Auf diese Weise alterniert der Brechungsindex durch die abwechselnde Anordnung der Schichten von Schicht zu Schicht.

[0093] Eine Variation des Brechungsindex kann jedoch nicht nur durch Kombination verschiedener Schichten entstehen. Vielmehr ist es auch möglich, daß eine Schicht mit glasartiger Struktur entlang der Richtung senkrecht zur beschichteten Oberfläche variierende Zusammensetzung und/oder einen entlang dieser Richtung variierenden Brechungsindex aufweist. Dabei wird eine Variation des Brechungsindex bevorzugt ebenfalls durch Variation der Schichtzusammensetzung verändert. Jedoch ist auch eine Variation durch eine sich entlang dieser Richtung ändernden Schichtmorphologie, wie etwa eine sich ändernde Dichte denkbar. Schichten mit Variation des Brechungsindex durch sich ändernde Schichtzusammensetzung können durch Abscheiden der Schicht mittels Coverdampfung erzeugt werden, wobei die Aufdampfrate zumindest einer der Verdampfungsquellen im Verlauf des Aufdampfprozesses geändert wird. Durch periodische Änderung der Aufdampfrate, beispielsweise durch periodische Änderung der Leistung einer der Quellen kann so eine entsprechende Schicht mit glasartiger Struktur erzeugt werden, die senkrecht zur beschichteten Oberfläche einen periodisch variierenden Brechungsindex aufweist.

[0094] Ein solcher Verlauf des Brechungsindex ist beispielhaft in den Fig. 8A und 8B dargestellt. Die Koordinate z kennzeichnet dabei die Richtung senkrecht zur beschichteten Oberfläche. Beide Verläufe zeigen eine periodische Variation des Brechungsindex in z-Richtung. Der in Fig. 8B dargestellte Verlauf des Brechungsindex weist neben der periodischen Variation außerdem eine Abnahme der Amplitude in z-Richtung auf, was zusätzlich von Nutzen für die Ausbeziehungswise Einkoppeleffizienz des Elements sein kann.

[0095] In Fig. 9 ist schließlich eine weitere Ausführungsform einer OLED, beziehungsweise eines organischen, elektro-optischen Elements dargestellt, welches strukturierte funktionelle Schichten aufweist. Bei dieser Ausführungsform sind die leitenden Schichten 13 und 17 kammartig strukturiert und befinden sich beide auf derselben Ebene auf dem Träger 3. Die Schichten 13 und 17 weisen jeweils Fingerelektroden 30 auf, die mit wenigstens einem Steg 32 verbunden sind. Die Spannungszuführung, beziehungsweise der Spannungsabgriff im Falle eines photovoltaischen Elements geschieht dabei über die Stege 32. Die Schicht 15, die zumindest ein organisches, elektro-optisches Material aufweist, ist auf die mit den strukturierten Schichten 13 und 17 aufgebracht, so daß sich Material der Schicht 15 auch zwischen den Fingerelektroden befindet. Die so hergestellte OLED-Schichtstruktur ist in diesem Ausführungsbeispiel zur Verkapselung wieder, ähnlich der anhand von Fig. 1 dargestellten Ausführungsform mit einer Schicht 7 mit glasartiger Struktur abgedeckt.

[0096] Selbstverständlich können die oben dargestellten beispielhaften Ausführungsformen auch in vielfältiger Weise kombiniert werden, etwa indem Schichten mit glasartiger Struktur auf mehreren Seiten des Substrats aufgebracht werden. So kann unter anderem die anhand von Fig. 7 gezeigte Ausführungsform mit einer Beschichtung auf der Seite des Substrats, die der OLED-Schichtstruktur 5 zugewandt ist, zum Beispiel wie in den Ausführungsformen der Fig. 5 oder 6 kombiniert werden. Ebenso sind auch nahezu beliebige andere Kombinationen der gezeigten Ausführungsformen möglich. Auch können alle Ausführungsformen in Pixel-Displays Verwendung finden, beispielsweise durch Matrixanordnung der beschriebenen Elemente oder durch entsprechend strukturierte leitfähige Schichten mit überkreuzenden Leiterbahnen.

Bezugszeichenliste

- 1 organisches, elektro-optisches Element
- 3 Träger, Substrat
- 5 OLED-Schichtstruktur
- 7, 71, 72, . . . , 7N Schicht mit glasartiger Struktur
- 9 erste Seite des Trägers
- 10 Haftvermittlungsschicht
- 11 zweite Seite des Trägers
- 13 erste leitfähige Schicht

- 15 organische, lichtemittierende Schicht
- 17 zweite leitfähige Schicht
- 19 Außenseite des OLED
- 21 Vorverkapselungsschicht
- 5 23 Abdeckung
- 25 Verklebung
- 27 mehrlagige Schicht
- 30 Fingerelektroden
- 32 Steg
- 10 81, 82, . . . , 8N Schichten der mehrlagigen Schicht 27

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines organischen, elektrooptischen Elements (1), umfassend die Schritte:
 - 15 – Bereitstellen eines Trägers (3),
 - Aufbringen einer ersten leitfähigen Schicht (13, 17)
 - Aufbringen zumindest einer Schicht (15), welche zumindest ein organisches, elektro-optisches Material aufweist,
 - Aufbringen einer zweiten leitfähigen Schicht (13, 17), **gekennzeichnet durch** den Schritt des
 - 20 – Abscheidens zumindest einer Schicht (7, 71, 72, . . . 7N) mit glasartiger Struktur.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Abscheidens zumindest einer Schicht (7, 71, 72, . . . 7N) mit glasartiger Struktur den Schritt des Abscheidens zumindest einer Schicht (7, 71, 72, . . . 7N) mit glasartiger Struktur mittels physikalischer und/oder chemischer Dampfphasenabscheidung umfaßt.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Abscheidens zumindest einer Schicht (7, 71, 72, . . . 7N) mit glasartiger Struktur den Schritt des Aufdampfens einer Schicht (7, 71, 72, . . . 7N) mit glasartiger Struktur umfaßt.
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei der Schritt des Aufdampfens einer Schicht (7, 71, 72, . . . 7N) mit glasartiger Struktur den Schritt des Elektronenstrahlverdampfens umfaßt.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Aufdampfens einer Schicht (7, 71, 72, . . . 7N) mit glasartiger Struktur den Schritt des Coverdampfens aus zumindest zwei Verdampfungsquellen umfaßt.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Coverdampfens den Schritt des Variierens, insbesondere des periodischen Variierens der Aufdampftrate zumindest einer der Verdampfungsquellen umfaßt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Abscheidens einer Schicht (7, 71, 72, . . . 7N) mit glasartiger Struktur den Schritt des Abscheidens mittels plasmainduzierter chemischer Dampfphasenabscheidung (PECVD), insbesondere den Schritt des Abscheidens mittels plasmaimpulsinduzierter chemischer Dampfphasenabscheidung (PICVD) und oder den Schritt des Aufputterns einer Schicht (7, 71, 72, . . . 7N) mit glasartiger Struktur umfaßt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Abscheidens einer Schicht mit glasartiger Struktur den Schritt des Coabscheidens von organischem Material umfaßt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß eine der leitfähigen Schichten (13, 17) eine niedrigere Austrittsarbeit als die andere leitfähige Schicht (13) aufweist.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, gekennzeichnet durch den Schritt des Aufbringens zumindest einer Lochinjektionsschicht und/oder einer Potentialanpassungsschicht und/oder einer Elektronenblockerschicht und/oder einer Lochblockerschicht und/oder einer Elektronenleitschicht und/oder einer Lochleitschicht und/oder einer Elektroneninjektionsschicht.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eine der leitfähigen Schichten (13, 17) zumindest teilweise transparent für das von der Schicht (15) die zumindest ein organisches, elektro-optisches Material aufweist, emittierte Licht ist.
12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei die Schicht (13, 17) Indium-Zinn-Oxid und/oder Fluor-dotiertes Zinnoxid aufweist.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine Schicht (7, 71, 72, . . . 7N) mit glasartiger Struktur nach dem Aufbringen der Schicht, welche zumindest ein organisches, elektro-optisches Material aufweist, abgeschieden wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und/oder die zweite leitfähige und/oder die zumindest eine Schicht, welche zumindest ein organisches, elektro-optisches Material aufweist, strukturiert aufgebracht werden.
15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die erste (13) und/oder zweite (15) leitfähige Schicht kammartig strukturiert aufgebracht werden.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (7, 71, 72, . . . 7N) mit glasartiger Struktur ein zumindest binäres Stoffsystem umfaßt.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Abscheidens der zumindest einen Schicht (7, 71, 72, . . . 7N) mit glasartiger Struktur nach dem Aufbringen der ersten (13) und zweiten (17) leitfähigen Schicht und der zumindest einen Schicht (15) die zumindest ein organisches, elektro-optisches Material aufweist, erfolgt.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, wobei der Schritt des Abscheidens der zumindest einen Schicht (7, 71, 72, . . . 7N) mit glasartiger Struktur vor dem Aufbringen einer der leitfähigen Schichten (13, 17) erfolgt.

DE 102 22 958 A 1

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Abscheidens einer Schicht (7, 71, 72, . . . 7N) mit glasartiger Struktur den Schritt des Abscheidens einer Schicht (7, 71, 72, . . . 7N) mit glasartiger Struktur auf der Seite (9) des Trägers umfaßt, welche der Seite (11), auf welcher die Schicht (15) die zumindest ein organisches, elektro-optisches Material aufweist, aufgebracht wird, gegenüberliegt.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Abscheidens der Schicht (7, 71, 72, . . . 7N) mit glasartiger Struktur vor dem Aufbringen der ersten (13) und zweiten (17) leitfähigen Schicht und der Schicht (15) die zumindest ein organisches, elektro-optisches Material aufweist, erfolgt.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Abscheidens einer Schicht (7, 71, 72, . . . 7N) mit glasartiger Struktur den Schritt des Aufbringens einer mehrlagigen Schicht (27) umfaßt.
22. Verfahren nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Aufbringens einer mehrlagigen Schicht den Schritt des Aufbringens einer mehrlagigen Schicht mit unterschiedlichen chemischen Zusammensetzungen und/oder unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften zumindest zweier der Lagen (71, 72, . . . , 7N, 81, 82, . . . , 8N) umfaßt.
23. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Lagen (71, 72, . . . , 7N, 81, 82, . . . , 8N) der mehrlagigen Schicht (27) unterschiedliche Brechungsindizes aufweisen.
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 23, gekennzeichnet durch den Schritt des Aufbringens einer Vorverkapselungsschicht (21).
25. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 24, gekennzeichnet durch den Schritt des Aufbringens einer Abdeckung (23).
26. Verfahren nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Abscheidens zumindest einer Schicht mit glasartiger Struktur den Schritt des Abdeckens der Umrandung der Auflagefläche der Abdeckung mit zumindest einer Schicht mit glasartiger Struktur umfaßt.
27. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 26, gekennzeichnet durch den Schritt des Aufbringens zumindest einer Haftvermittlungsschicht (10), insbesondere einer Haftvermittlungsschicht (10), auf welche die zumindest eine Schicht (7, 71, 72, . . . 7N) mit glasartiger Struktur aufgebracht wird.
28. Organisches elektro-optisches Element (1), insbesondere hergestellt mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, umfassend:
einen Träger (3),
eine erste leitfähige Schicht (13),
zumindest eine Schicht (15), welche zumindest ein organisches, elektro-optisches Material aufweist und
eine zweite leitfähige Schicht (17),
gekennzeichnet durch
zumindest eine abgeschiedene Schicht (7, 71, 72, . . . 7N) mit glasartiger Struktur.
29. Element nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eine Schicht mit glasartiger Struktur mittels chemischer und/oder physikalischer Dampfphasenabscheidung abgeschieden ist.
30. Element nach Anspruch 28 oder 29, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine abgeschiedene Schicht (7, 71, 72, . . . 7N) mit glasartiger Struktur aufgedampft ist.
31. Element nach einem der Ansprüche 28 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine abgeschiedene Schicht (7, 71, 72, . . . 7N) mit glasartiger Struktur aufgesputtert ist.
32. Element nach einem der Ansprüche 28 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß eine der leitfähigen Schichten (13, 17) eine niedrigere Austrittsarbeit als die andere der leitfähigen Schichten (17, 13) aufweist.
33. Element nach einem der Ansprüche 28 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eine der leitfähigen Schichten (13, 17) zumindest teilweise transparent für das von der Schicht, (15) emittierte Licht ist, die zumindest ein organisches, elektro-optisches Material aufweist.
34. Element nach einem der Ansprüche 28 bis 33, wobei die zumindest teilweise transparente, leitfähige Schicht (13) Indium-Zinn-Oxid und/oder Fluor-dotiertes Zinnoxid aufweist.
35. Element nach einem der Ansprüche 28 bis 34, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine Schicht (7, 71, 72, . . . 7N) mit glasartiger Struktur zwischen dem Träger (3) und erster (13) oder zweiter (15) leitfähiger Schicht angeordnet ist.
36. Element nach einem der Ansprüche 28 bis 35, dadurch gekennzeichnet, daß sich die zumindest eine Schicht (7, 71, 72, . . . 7N) mit glasartiger Struktur auf der Seite (11) des Trägers befindet, welche der Seite (9), auf welcher sich die Schicht (15) befindet, welche ein organisches, elektro-optisches Material aufweist, gegenüberliegt.
37. Element nach einem der Ansprüche 28 bis 36, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine Schicht (7, 71, 72, . . . 7N) mit glasartiger Struktur entlang der Richtung senkrecht zur beschichteten Oberfläche variierende Zusammensetzung und/oder einen entlang dieser Richtung variierenden Brechungsindex aufweist.
38. Element nach Anspruch 37, gekennzeichnet durch eine periodische Variation der Zusammensetzung und/oder des Brechungsindex der zumindest eine Schicht (7, 71, 72, . . . 7N) mit glasartiger Struktur entlang der Richtung senkrecht zur beschichteten Oberfläche.
39. Element nach einem der Ansprüche 28 bis 38, gekennzeichnet durch eine mehrlagige Schicht (27), welche zumindest eine Schicht (7, 71, 72, . . . 7N) mit glasartiger Struktur umfaßt.
40. Element nach Anspruch 39, dadurch gekennzeichnet, daß die Lagen (71, 72, . . . , 7N, 81, 82, . . . , 8N) der mehrlagigen Schicht (27) unterschiedliche Brechungsindizes aufweisen.
41. Element nach einem der Ansprüche 28 bis 40, gekennzeichnet durch zumindest eine Vorverkapselungsschicht (21).
42. Element nach einem der Ansprüche 28 bis 41, gekennzeichnet durch zumindest eine Lochinjektionsschicht und/oder zumindest eine Potentialanpassungsschicht und/oder zumindest eine Elektronenblockerschicht und/oder zumindest eine Lochblockerschicht und/oder zumindest eine Elektronenleiterschicht und/oder Lochleiterschicht

DE 102 22 958 A 1

und/oder zumindest eine Elektroneninjectionsschicht.

43. Element nach einem der Ansprüche 28 bis 42, gekennzeichnet durch eine Abdeckung (23).

44. Element nach Anspruch 43, dadurch gekennzeichnet, daß die Umrandung der Auflagefläche der Abdeckung (23) mit zumindest einer Schicht (7) mit glasartiger Struktur abgedeckt ist.

5 45. Element nach einem der Ansprüche 28 bis 44, gekennzeichnet durch eine Haftvermittlungsschicht (10), insbesondere eine Haftvermittlungsschicht (10), welche an die zumindest eine Schicht (7, 71, 72, . . . 7N) mit glasartiger Struktur angrenzt.

10 46. Element nach einem der Ansprüche 28 bis 45, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und/oder die zweite leitfähige und/oder die zumindest eine Schicht, welche zumindest ein organisches, elektro-optisches Material aufweist, strukturiert sind.

47. Element nach Anspruch 46, dadurch gekennzeichnet, daß die erste (13) und/oder zweite (15) leitfähige Schicht kammartig strukturiert sind.

15 48. Vorrichtung zur Ausführung eines Verfahrens gemäß einer der Ansprüche 1 bis 27 und/oder zur Herstellung eines organischen, elektro-optischen Elements (1) gemäß einer der Ansprüche 28 bis 47, gekennzeichnet durch Einrichtung zum Abscheiden zumindest einer Schicht (7, 71, 72, . . . 7N) mit glasartiger Struktur.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

Fig. 1

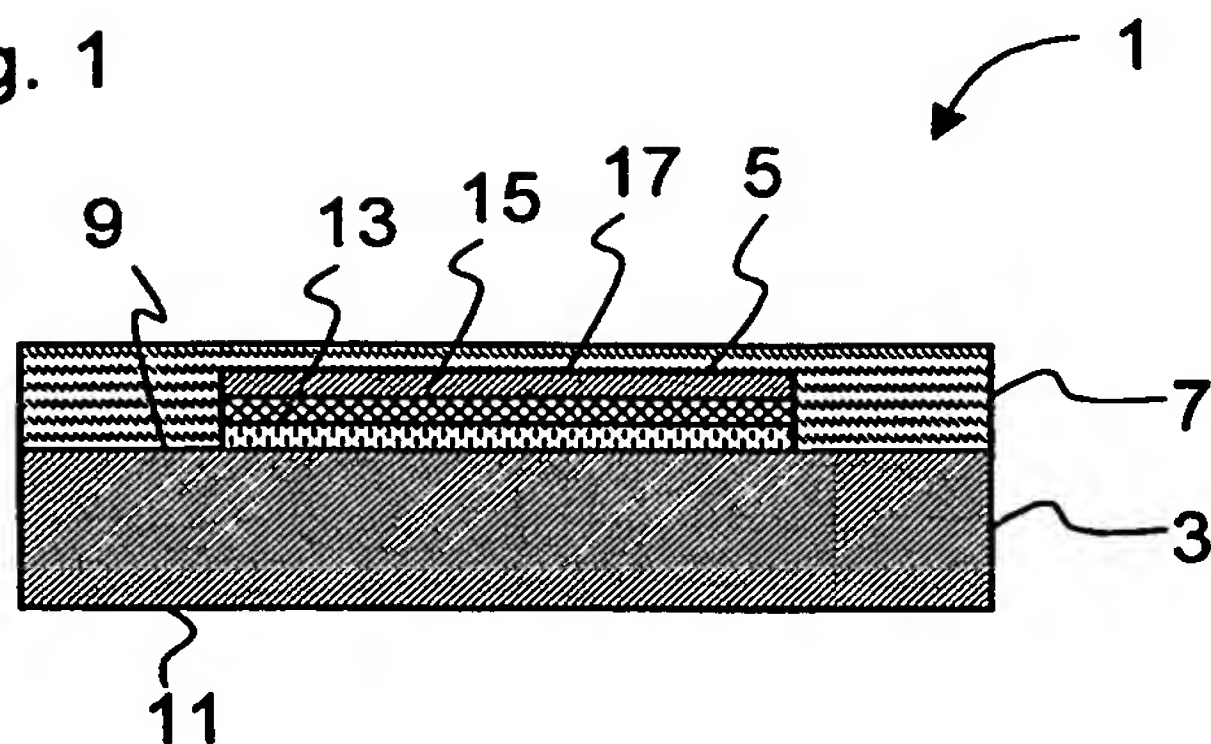


Fig. 2

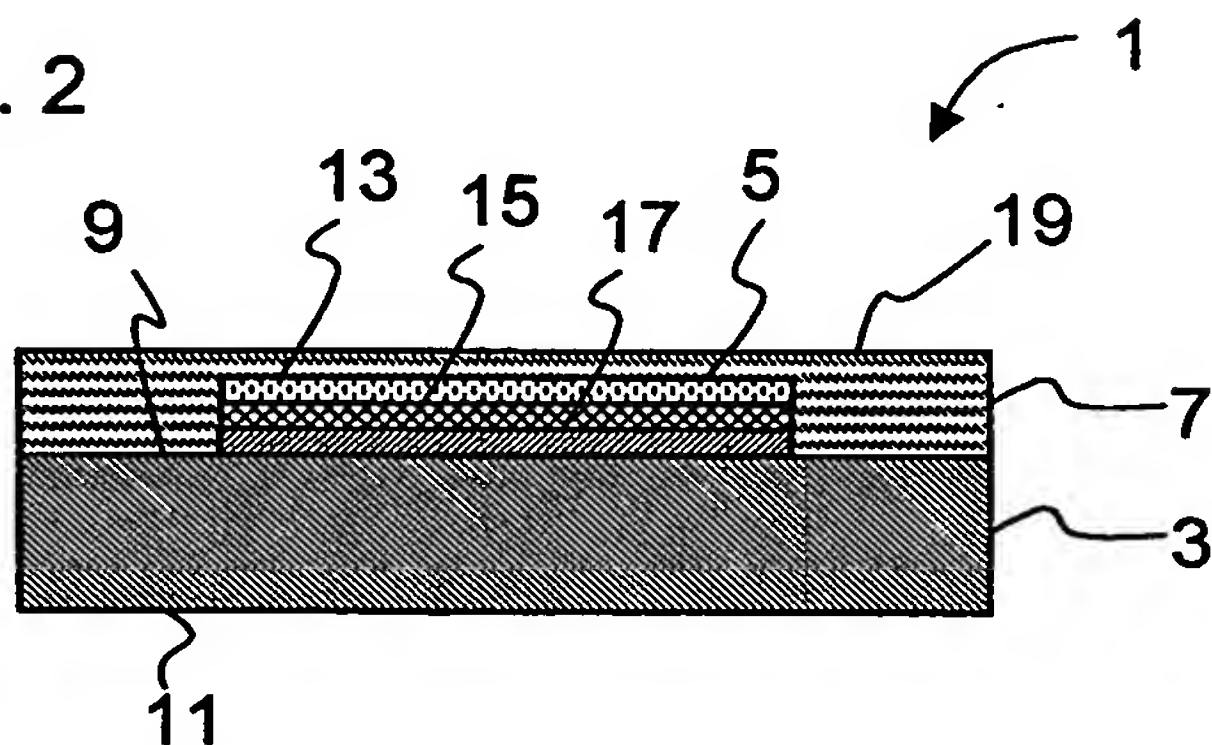


Fig. 3

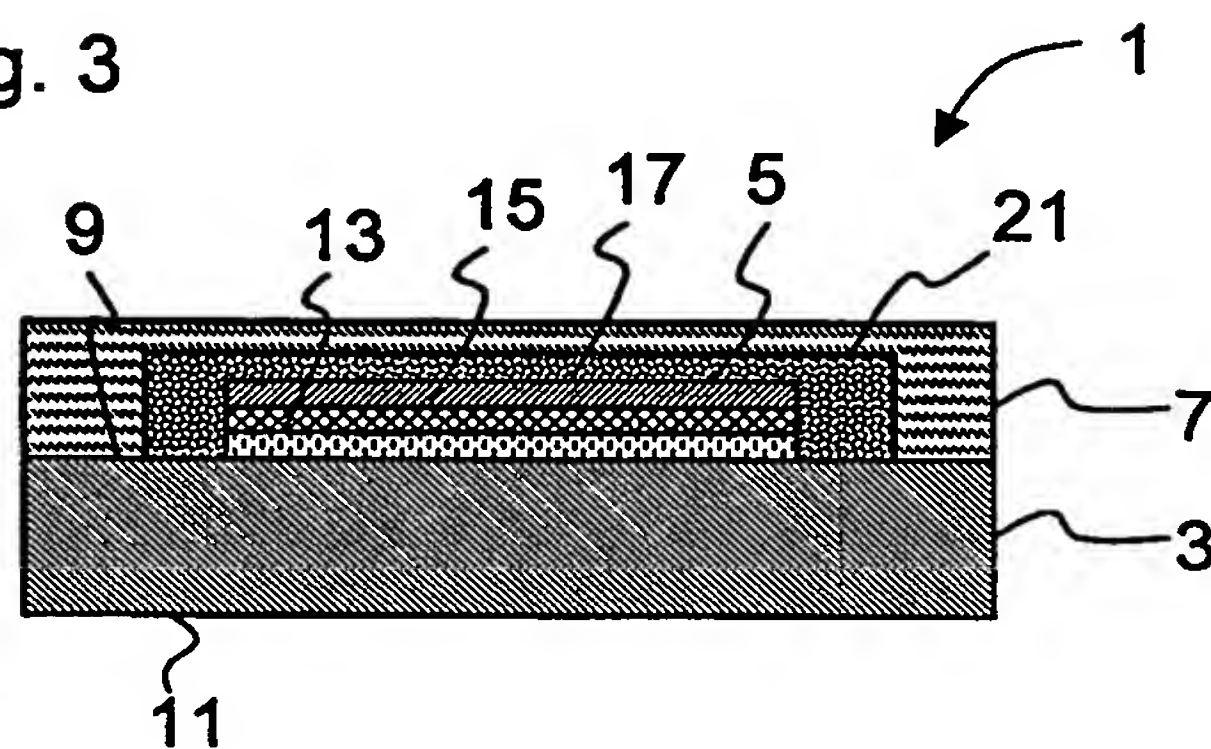


Fig. 4A

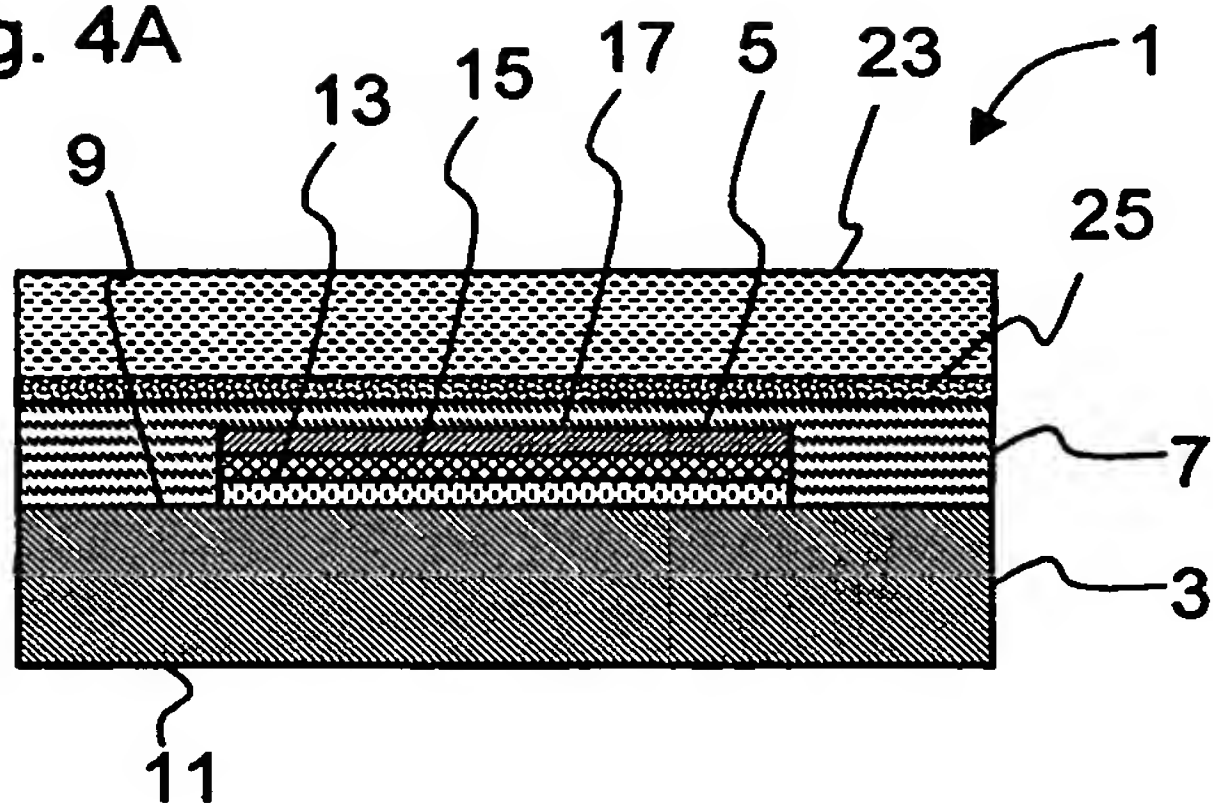


Fig. 4B

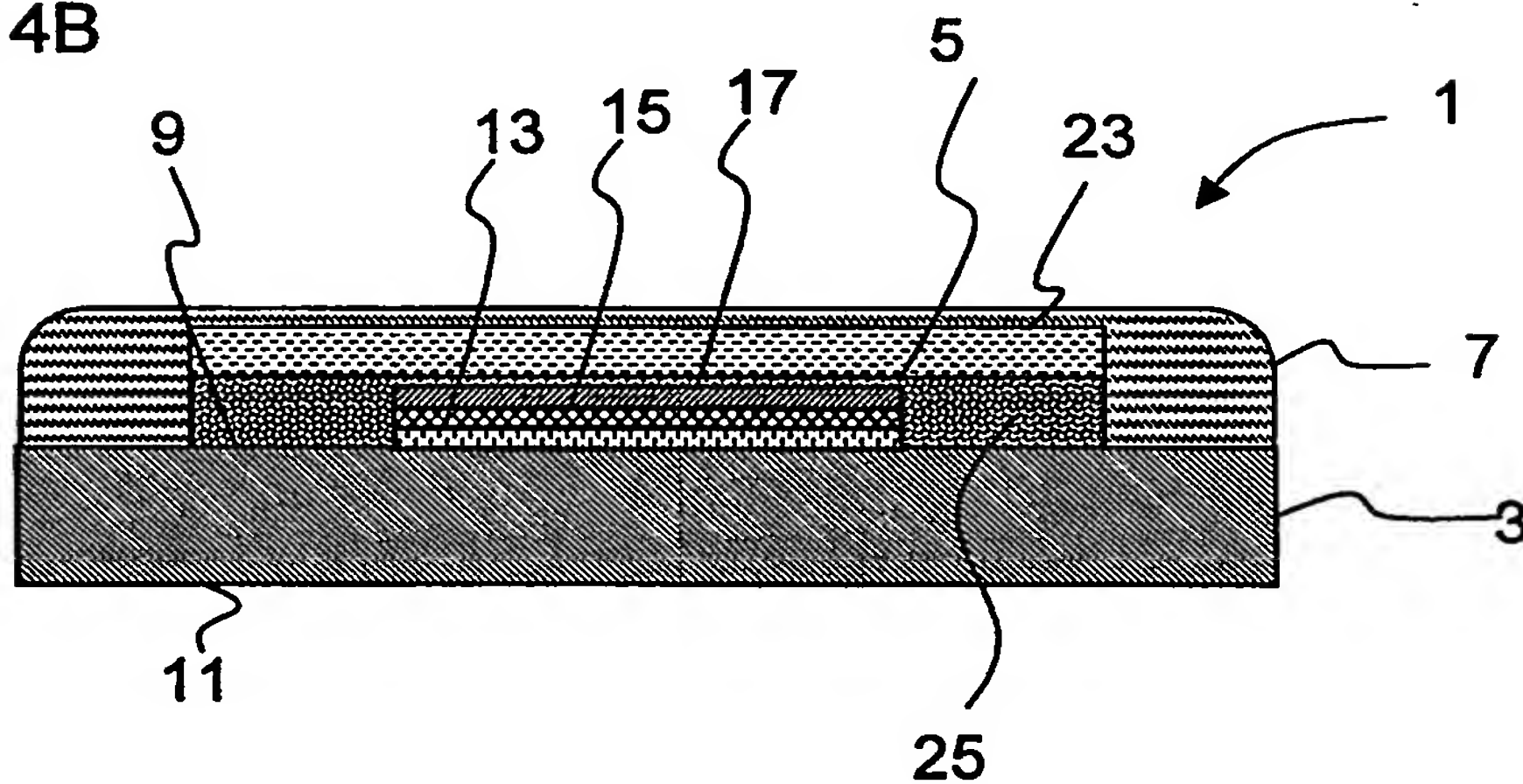


Fig. 4C

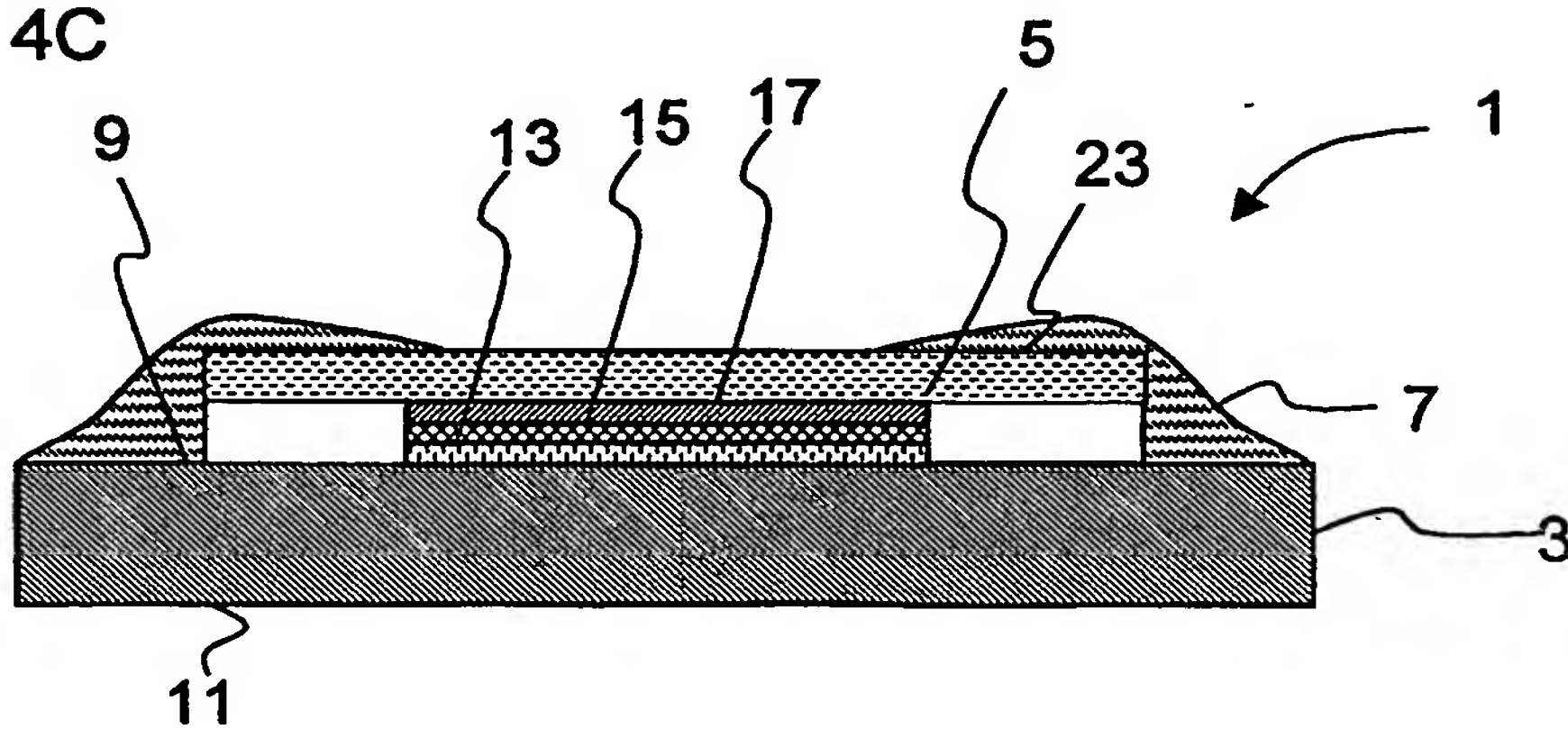


Fig. 4D

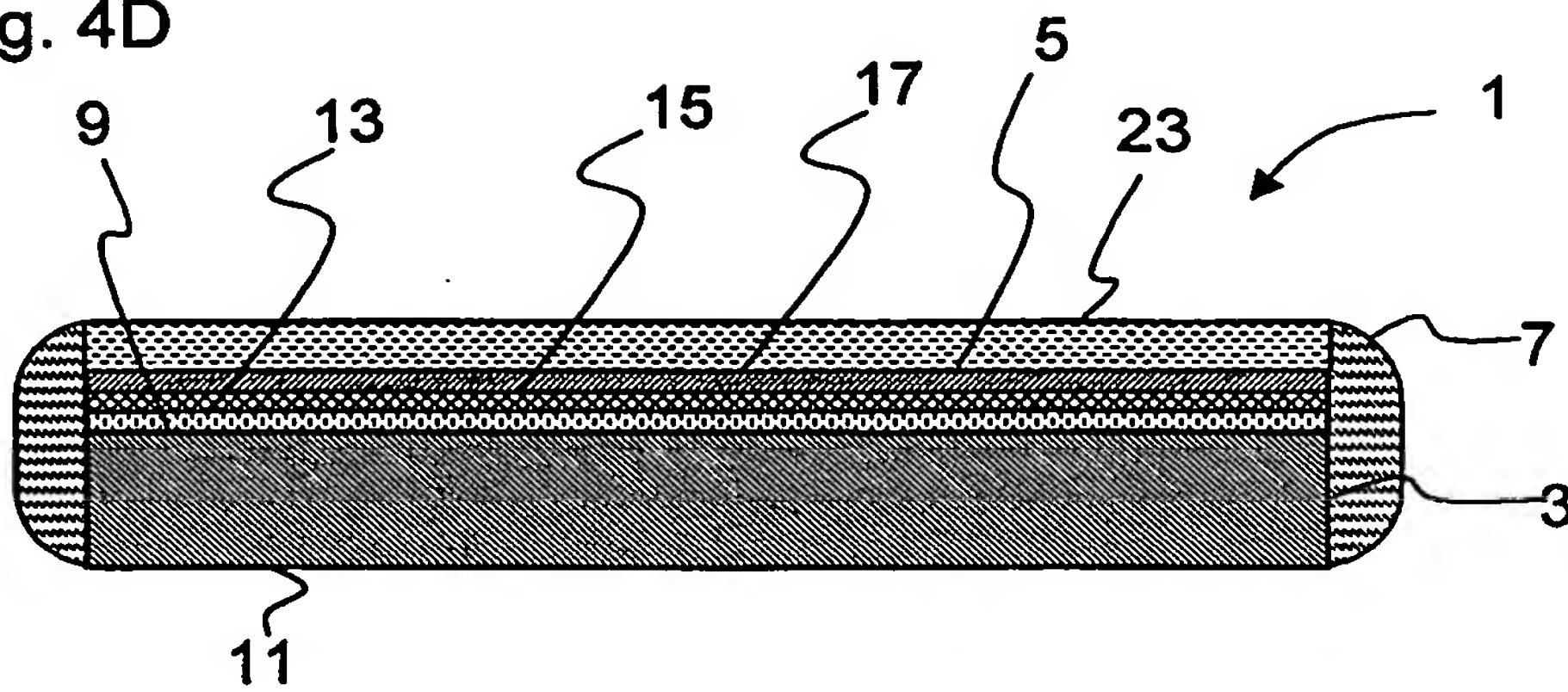


Fig. 4E

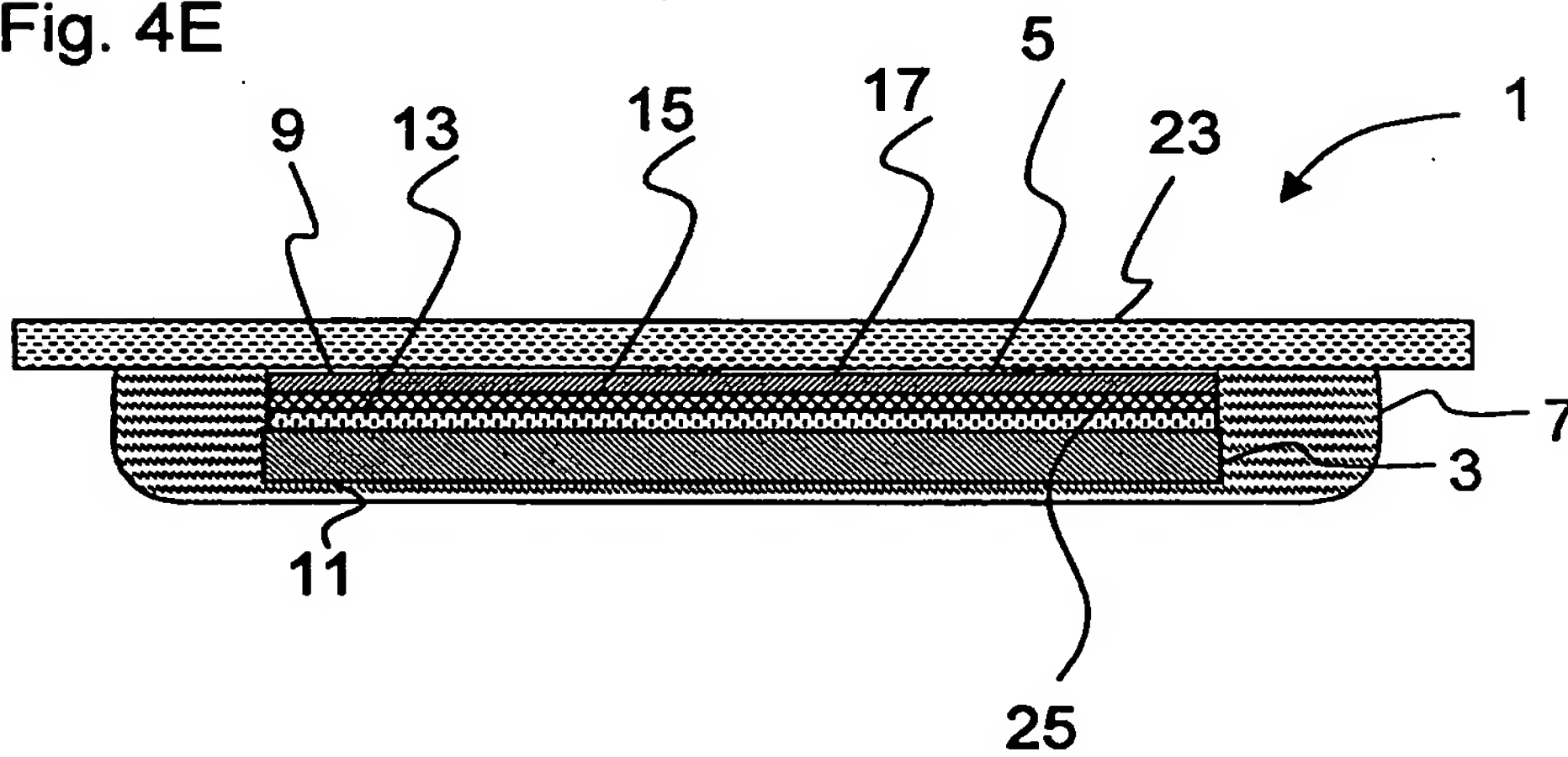
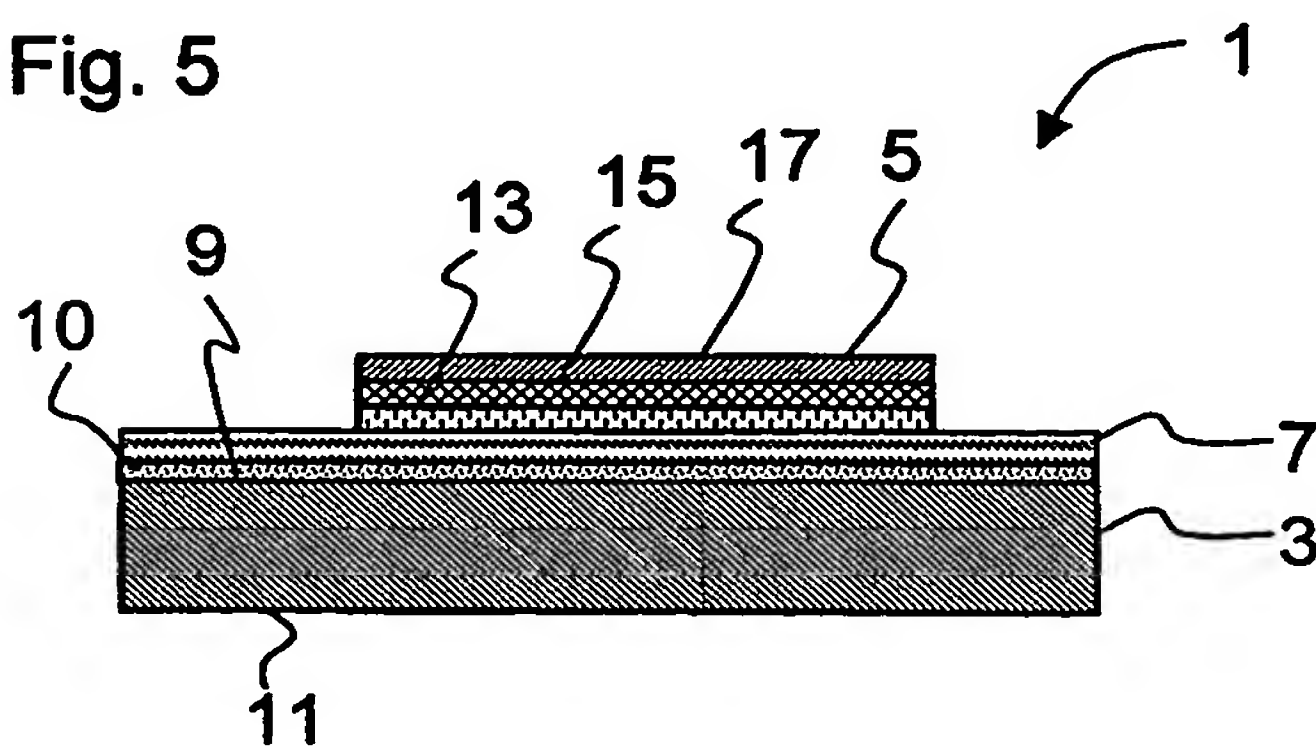


Fig. 5



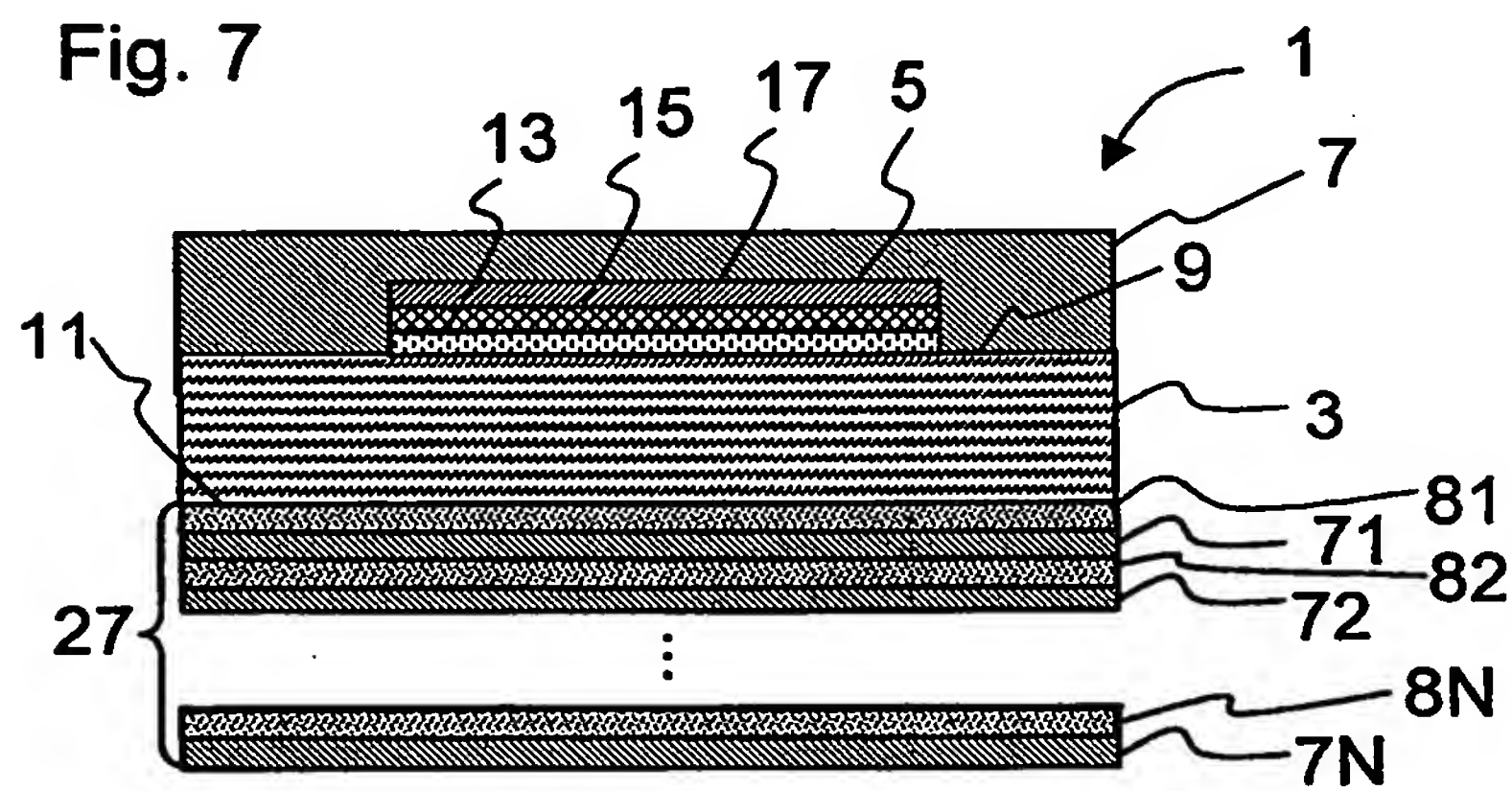
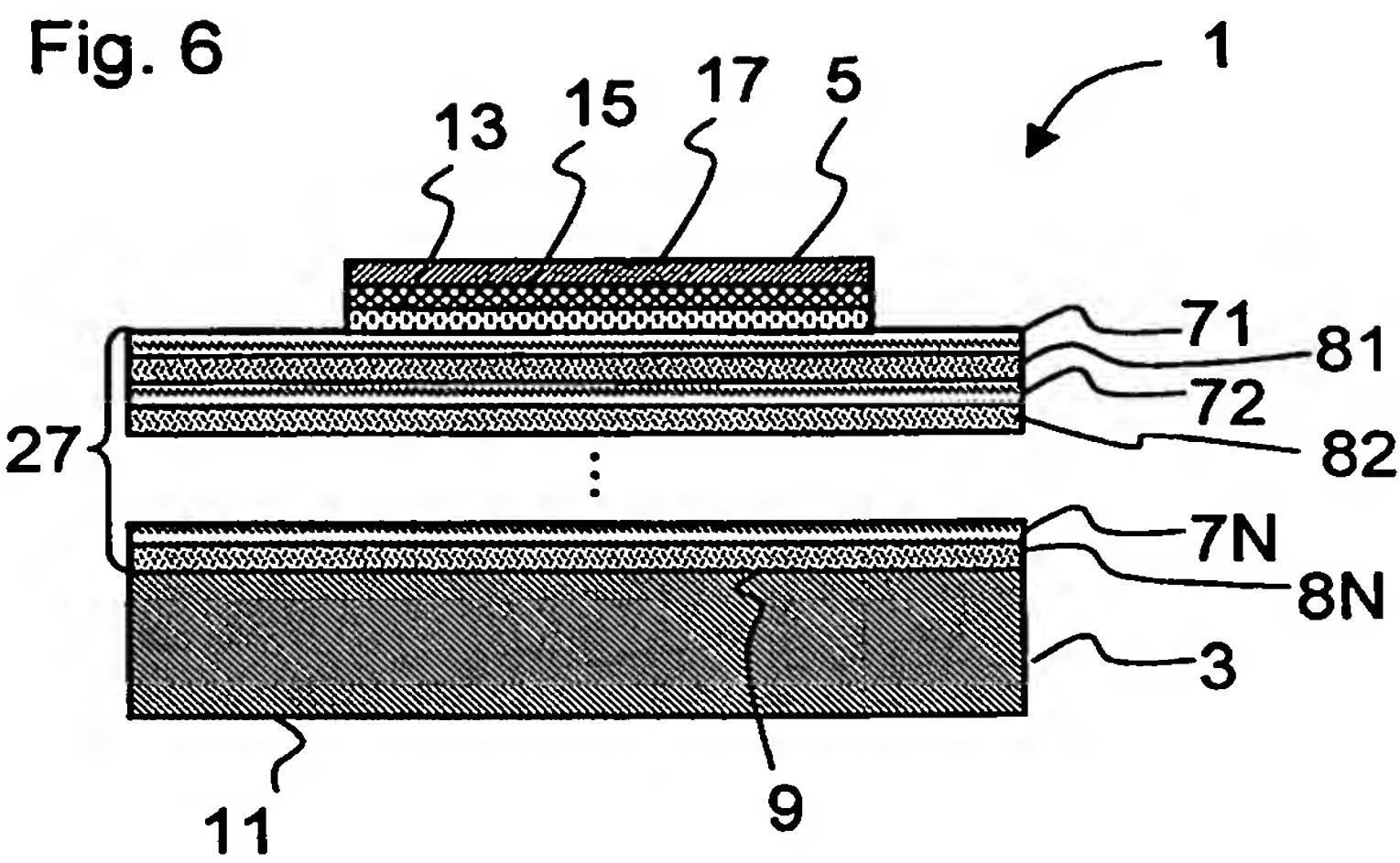


Fig. 8A

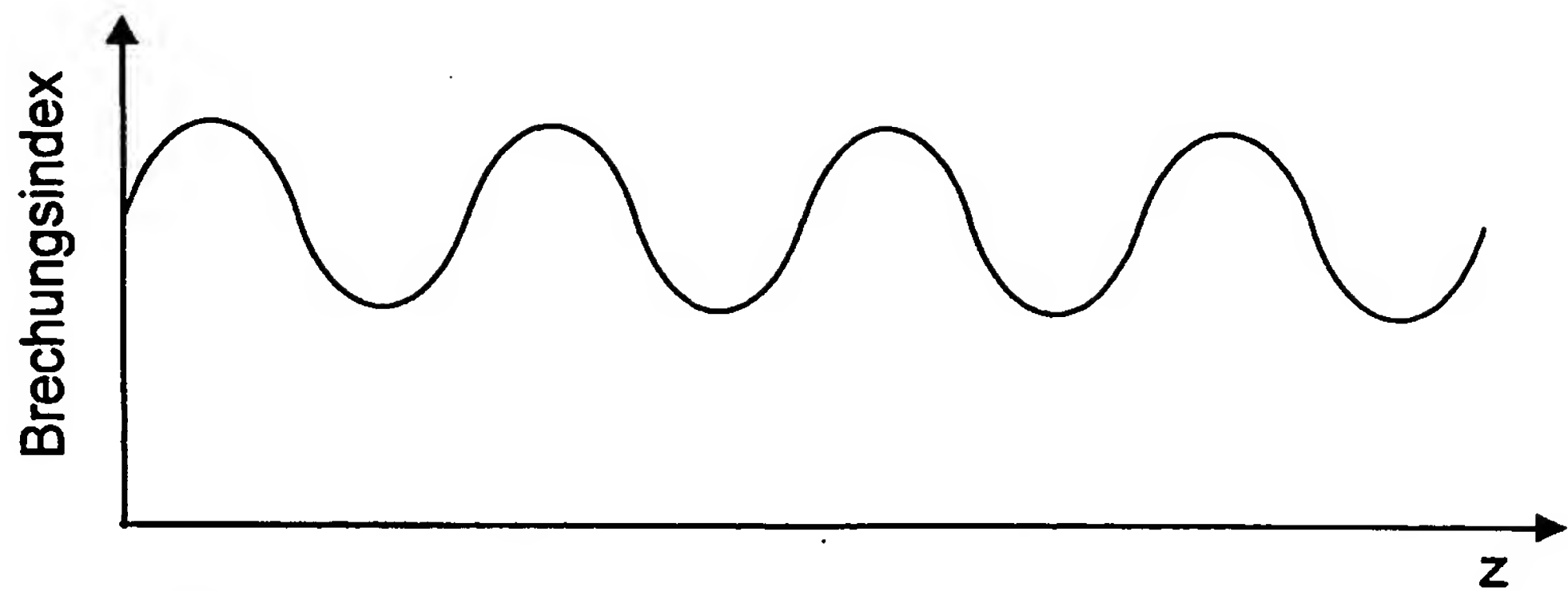


Fig. 8B

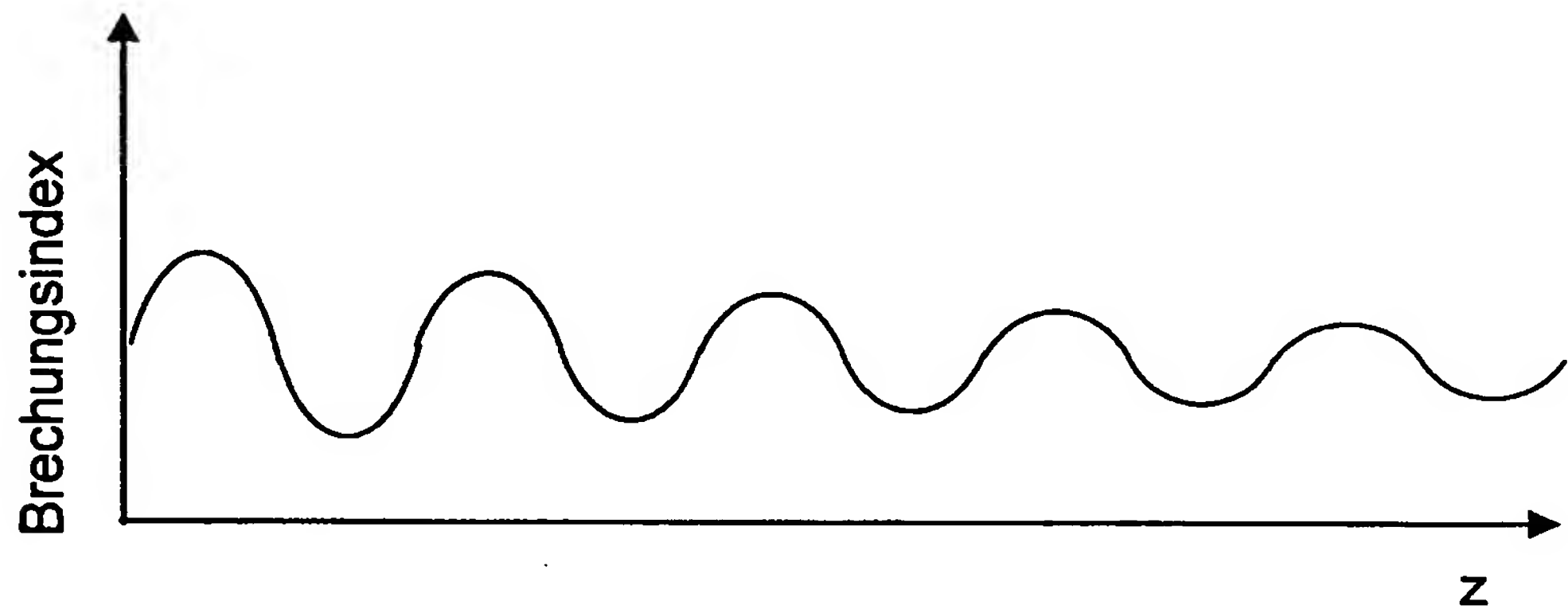
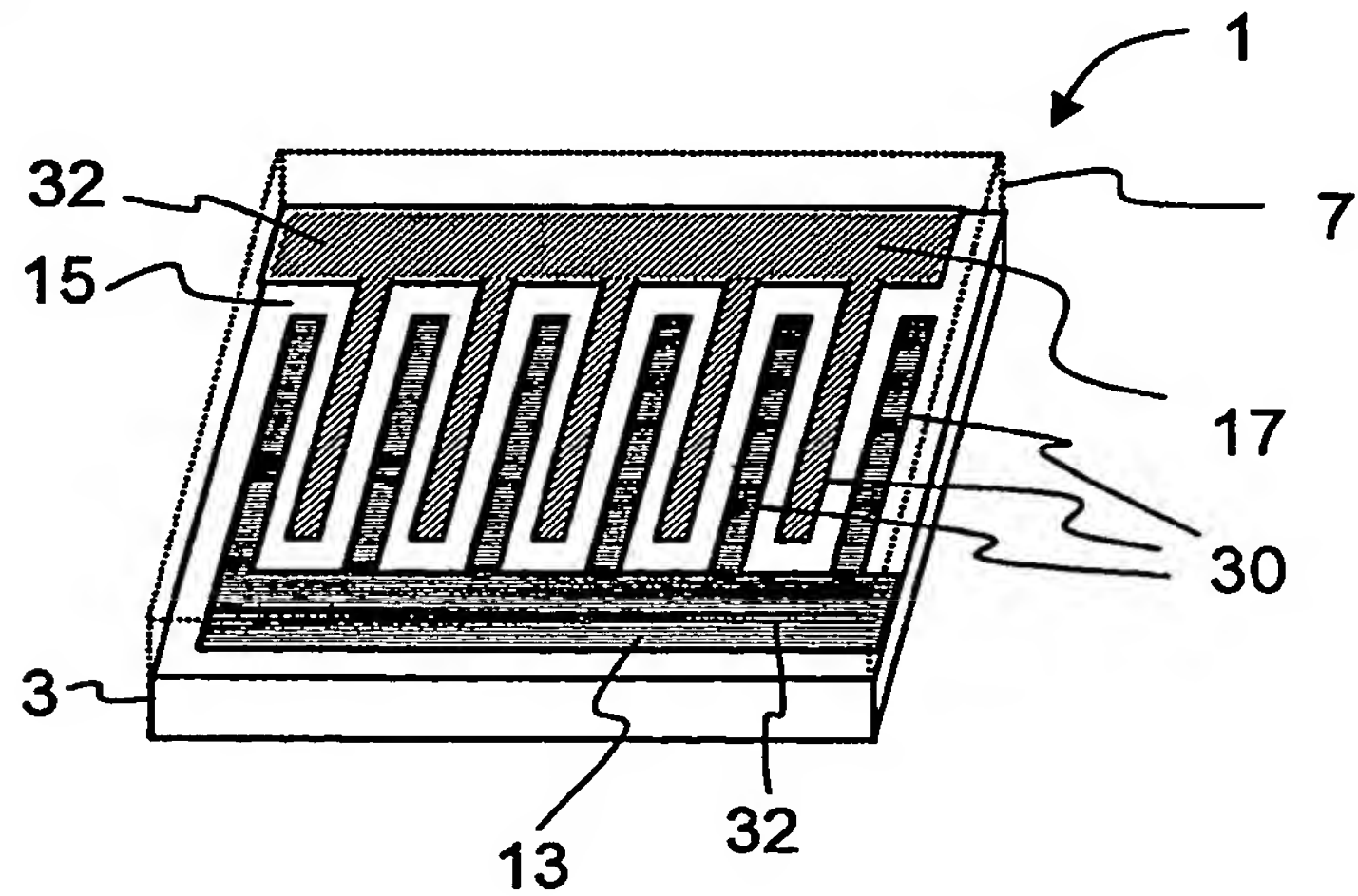


Fig. 9



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.